



В.Н. ХАРЕЧКО

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО МОЛНИЕЗАЩИТЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
ЖИЛЫХ ДОМОВ, КОТТЕДЖЕЙ, ДАЧНЫХ
(САДОВЫХ) ДОМОВ И ДРУГИХ ЧАСТНЫХ
СООРУЖЕНИЙ**

МОСКВА

ЭНЕРГОСЕРВИС

2002

В предлагаемых читателю Рекомендациях излагаются основные требования действующих нормативных документов, предъявляемые к молниезащите объектов третьей категории и выбору способа молниезащиты в каждом конкретном случае с учетом оптимального решения.

Приводится краткое описание физических процессов, связанных с обеспечением защиты от поражения молнией, а также рекомендации по возможным способам выполнения защиты от прямых ударов молнии в защищаемый объект.

Рекомендации помогут застройщику определиться с выбором типа молниезащиты, а проектировщику принять обоснованное решение.

Книга представит практический интерес для работников проектных и электромонтажных организаций, застройщиков индивидуальных жилых домов, лиц, ответственных за электрохозяйство, студентов энергетических специальностей.

Все предложения и замечания по настоящему изданию прошу направлять по адресу: 109147, Москва, а/я № 3, ЗАО «Энергосервис».

ВВЕДЕНИЕ



В литературных источниках по молниезащите в 50 - 80 годы подробно и доходчиво описаны некоторые простые способы защиты сельских жилых домов и животноводческих помещений. Однако последующие годы не ознаменовались новыми литературными изданиями по решению вопросов молниезащиты зданий в сельской местности.

Наоборот, утвержденная в 1987 году Министерством энергетики и электрофикации СССР «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» ([РД 34.21.122-87](#)), единственный в стране документ, регламентирующий требования по молниезащите, не содержит жёстких требований к молниезащите подобных сооружений. Подобно тому, как все годы советского периода страны ни одним нормативным документом не предъявлялись требования к выполнению электроустановок индивидуальных жилых домов, также не замечалось наличие миллионов зданий в сельской местности, не оборудованных средствами защиты от поражения молнией. Так как частная собственность на средства производства считалась чуждой социалистическому строю, частный дом колхозника оставался полностью на его попечении. Контроль за строительством и эксплуатацией не входил в обязанности государства и оставался вне его поля зрения. Поэтому отсутствовала серьёзная научная и нормативная база для контроля за состоянием частного сельского жилого фонда страны.

Такое отношение к национальному богатству страны приводило к массовому повреждению жилого фонда, когда от неправильно выполненной электроустановки дома горел каждый третий дом и каждый пятый поражала молния. Поскольку государство не тратилось на их восстановление, не было контроля за состоянием частного жилого фонда, не было нормативных требований к электроустановкам индивидуальных жилых домов, к их молниезащите.

Последнее десятилетие ознаменовалось новым подходом к частной собственности. Появилась возможность у значительной части населения страны обзавестись современными домами, способными обеспечить городской комфорт в любой удалённой точке сельской местности.

Появились нормативные требования к их электроустановкам, однако отношение владельцев этих домов к выполнению элементарных требований остаётся на прежнем «средневековом» уровне.



Поворот в сторону запада, ужесточение требований к электро- и пожарной безопасности электроустановок жилых и общественных зданий начался со второй половины девяностых годов, с момента принятия стандартов Международной электротехнической комиссии (МЭК) в качестве стандартов России. Однако нормативная база по-прежнему адаптирована к городскому жилью, к условиям его внешнего электроснабжения и эксплуатации. Применение требований европейских стандартов к электроустановкам сельских домов с ненадёжными источниками электроснабжения, с далёким от требований стандартов качеством электроэнергии, мягко говоря, не могут адекватно обеспечить их электро- и пожарную безопасность, а также их сохранность.

Что касается молниезащиты этих зданий, то требования к ней остаются пока на том же уровне до сего дня. Хотя необходимость в решении этой проблемы не менее актуальна. В этих условиях, учитывая изношенность электропроводок в электро- установках зданий не только в сельских, но и городских многоэтажных домах, дальнейшее промедление в принятии конкретных чрезвычайных мер по исправлению существующего положения с электрификацией быта неминуемо приведёт к массовому поражению людей и потере жилого фонда.

Поэтому каждый владелец дома, будь то обычный бревенчатый сельский дом, новый сверхнавороченный современный коттедж или примитивный садовый домик (которых тоже миллионы), должен чётко уяснить себе, что только от него, владельца этого дома, зависит его благополучие и жизнь его близких. От его осознанного отношения к материальной части быта, её оснащённости электротехническими устройствами и эксплуатацией их на базе современных требований к электроустановкам, их электро- и пожарной безопасности.

Выполнение устройств молниезащиты, правильно выбранных с учётом местных условий, может иметь настолько малую стоимость, что будет под силу владельцу дома не только в части расходов, но даже и в выполнении собственными руками.

В книге автором ставится задача наряду с кратким описанием физических процессов, связанных с обеспечением защиты от поражения молнией, дать рекомендации по простейшим способам выполнения молниезащиты зданий без снижения её надёжности.

Конечно молниезащита современного в несколько этажей коттеджа с башней для телескопа и множеством архитектурных



изысков, выполняемая после его заселения, может оказаться очень непростой и в части проектирования и конечно же при реализации. Автору приходилось «ломать голову» над такими решениями. А всех этих проблем не было бы и в помине, будь в нормативной документации жёсткое требование о необходимости решения вопросов молниезащиты на стадии разработки проекта строительной части дома.

Каждому владельцу дома ради собственной безопасности, снижения расходов на сооружение дома, его долговечной эксплуатации, необходимо чётко уяснить - только на стадии проектирования закладывается фундамент всех этих решений на основании требований существующей сегодня нормативной документации. И только от заказчика проекта зависит его будущее благополучие.

В книге приведены различные типы молниезащиты, отвечающие требованиям к молниезащите объектов третьей категории, и пути их решения от выбора типа молниезащиты до решения ее конструктивных элементов. А также показаны способы определения зон защиты и методы расчета сопротивления заземлителей. Однако большинству застройщиков будет трудно принять правильное решение и им необходимо поручить решение этой проблемы проектной организации, имеющей лицензию на проведение проектных работ по электроснабжению и молниезащите, а монтажной организации - по монтажу.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О МОЛНИИ И МОЛНИЕЗАЩИТЕ

1.1. Общие понятия

Для развития грозы необходимо возникновение в атмосфере особых условий, приводящих к образованию характерной грозовой облачности. Атмосфера нашей планеты насыщена водяными парами, скапливающимися в ней в результате испарения воды с поверхности морей, озер, рек, земли, растущих на ней деревьев и т.п. Чем теплее поверхность, с которой испаряется вода, тем сильнее испарение и тем больше водяных паров попадает в



атмосферу. Поднимаясь на большую высоту и охлаждаясь в более низкой температуре верхних слоев атмосферы, водяные пары превращаются в капельки воды или кристаллы льда, образующие облака. Облака растут приобретая форму кучевых облаков и постепенно удаляясь от земли попадают в более холодные слои атмосферы, где под воздействием холода капли воды укрупняются и выпадают из облаков на землю в виде дождя. Очень бурное каплеобразование превращает дождь в ливень.

Падая на землю, капли дождя соприкасаются с поднимающимся потоком воздуха, что приводит к появлению на них электрического заряда.

Кроме того, одной из важнейших причин образования электрического заряда в облаках является разбрызгивание больших капель на мелкие. Разрушаясь под воздействием ветра, большая часть капли сохраняет положительный заряд, а мелкие брызги заряжаются отрицательно. Чем сильнее ветер, тем быстрее облако заряжается. Часть его получает положительный заряд, другая часть - отрицательный.

Электрические заряды противоположных знаков стремятся соединиться друг с другом. При этом отдельные части облака, а также облако и земля начинают взаимодействовать друг с другом. Создается электрическое поле, под воздействием которого свободные электроны, находящиеся в воздухе, приобретают значительную скорость и устремляются к земле. Сталкиваясь на своем пути с атомами воздуха, электроны, в свою очередь, разбивают их на положительные ионы и электроны.

Освободившиеся электроны устремляются также по направлению к земле и, снова сталкиваясь с атомами воздуха, расщепляют их. Возникает электронная лавина. За ней следует другая, третья. Их движение создает электрический ток, который, нагревая воздух, увеличивает его проводимость. Через сотые доли секунды электронные лавины достигают земли и образуется канал для разряда молнии, по которому начинает интенсивно протекать электрический ток. Происходит соединение отрицательного электрического заряда, скопившегося в облаке, через канал молнии, с положительным электрическим зарядом земной поверхности.

Возникает электрический разряд огромной мощности - молния. Такая молния именуется линейной. Путь молнии не всегда прямолинейный, а чаще ветвистый. Это объясняется



различными свойствами участков воздуха на пути молнии и она выбирает более легкий путь. Когда разряд приближается к земной поверхности, на его дальнейший путь начинает оказывать влияние заряд земли.

Чаще всего разряд устремляется к возвышенным местам земной поверхности или к высоким предметам, где заряды особенно велики (трубы, мачты, холмы, деревья, дома и т.д.).

Предпочтительным объектом для разряда молнии всегда является тот, который хорошо проводит электричество. В этом случае даже более высокий объект (предмет) с плохой проводимостью может оказаться нетронутым. На избирательность разряда оказывает влияние также проводимость почвы.

Наблюдаются случаи прямого разряда молнии в дно глубокого оврага, где почва влажная, хорошо проводящая электричество, или в растущие в долине деревья, хотя высокие песчаные откосы оврага или возвышения вокруг долины остаются непораженными.

Всякий электрический разряд, как правило, сопровождается треском. Линейная молния, представляющая собой электрический разряд огромной мощности, сопровождается сильным раскатистым треском - громом. Таким образом, гром - это озвученная молния.

При развитии молнии канал ее заполнен одноименно заряженными частицами, которые, отталкиваясь одна от другой, сильно расширяют стенки канала. В момент разряда молнии, под воздействием возникающей высокой температуры в несколько тысяч градусов, воздух в канале стремится расшириться еще больше. В результате этого внутри канала молнии создается давление в несколько тысяч атмосфер, мгновенно пропадающее после исчезновения молнии. Образуются взрывные волны, подобные обыкновенной звуковой волне, воспринимаемые нами как гром.

Характер и сила грома зависят от расстояния до места разряда молнии. Молния и гром возникают одновременно, но мы слышим раскаты грома позднее, чем видим светящийся разряд. Это объясняется тем, что свет молнии распространяется в атмосфере почти мгновенно, а звук - лишь со скоростью 330 м/сек. Чем ближе разряд к нам, тем раньше мы услышим раскат грома.



Непосредственный разряд молнии на дом или сельхозпостройку считается прямым ударом молнии. Он производит сильные механические разрушения и пожары. В связи с тем, что в городах молниезащита зданий и сооружений производится довольно часто, а местами, в зависимости от защищаемых зданий и сооружений, их ценности, высоты, материала и т.п. - обязательно, разрушительное влияние молнии значительно снижено.

В сельской местности - наоборот, разряды молнии приносят огромные убытки, особенно связанные с последующими пожарами.

Нормативная база по молниезащите ориентирована на сохранение важных государственных объектов. О молниезащите десятков миллионов индивидуальных жилых домов говорится лишь вскользь, в то время как поражение молнией индивидуального дома для большинства сельского населения страны во все времена даже без человеческих жертв являлось огромной трагедией.

Широкое развитие садовых товариществ с их скученностью и легкой воспламеняемостью помещений сезонного проживания подчас приводит к массовому выгоранию целых массивов, что также наносит непоправимый материальный ущерб не только садоводам, но и национальному достоянию страны.

Прямыми ударами молнии люди и животные поражаются сравнительно редко.

Чаще всего люди и животные при грозовых разрядах подвергаются шаговому напряжению и напряжению прикосновения, возникающими в момент прямого разряда молнии.

Если человек во время разряда молнии проходит вблизи дерева, опоры линии электропередачи, молниеотвода или другого предмета, через который был прямой разряд молнии, то электрический ток молнии, растекаясь по земле, проходит и через ноги человека и замыкается снова на землю. Чем шире шаг человека, тем больше разность напряжений между точками соприкосновения каждой ноги с землей, тем больше ток, проходящий через тело человека (см. рис. [34](#)).

Напряжение, образуемое на поверхности почвы током, который растекается от места разряда молнии, называется шаговым. Оно определяется длиной шага человека или животного. Если ж ступни ног плотно сдвинуты, то шаговое напряжение и его воздействие на



тело практически отсутствует, так как ток через тело человека не проходит.

Животные более чувствительны к воздействию электрического тока (особенно крупный рогатый скот, лошади, козы и др.), так как их шаг имеет большую длину, и поэтому они могут оказаться под большим шаговым напряжением, а следовательно и большим током.

Опасность шагового напряжения становится незначительной на расстоянии 8 - 10 м от места разряда молнии.

Воздействию шагового напряжения подвергаются также люди и животные, находящиеся вблизи заземленного молниеотвода, в момент разряда молнии. Еще более опасно прикосновение человека к токоотводу при разряде молнии. В этом случае человек попадает под разность потенциалов, вызванных током молнии и сопротивлением токоотвода на участке от места прикосновения до земли. Разность потенциалов в этот момент может достигать десятков и даже сотен тысяч вольт.

Мощность, развиваемая в момент молнии, очень велика - она может достигать нескольких сотен миллионов киловатт. Однако из-за чрезвычайно малой длительности разряда работа, полученная при разряде молнии средней интенсивности, сравнительно невелика.

Расчеты показывают, что если бы всю энергию, выделенную при разряде молнии, использовать на подогрев 1 т воды, то удалось бы повысить ее температуру лишь на 10 - 15°.

Кроме линейных, можно иногда наблюдать и другие виды молний. Наиболее часто из них встречается шаровая молния. Этот вид молнии изучен недостаточно и поэтому она представляет значительную опасность, несмотря на редкое проявление.

Появляется она в месте разряда линейной молнии и имеет вид светящегося (огненного) шара, иногда вытянутого в форме капли, груши и т.п. диаметром 10 - 20 см (наблюдались шары от 1 до 100 см). Цвет может быть разный: красный, оранжевый, желтый и белый, свечение не очень яркое, однако четко различимое при дневном свете.

Длительность шаровой молнии от доли секунды до нескольких минут. Затем она либо тихо исчезает, либо издает слабый треск,



а иногда оглушительный звук, подобный взрыву. Шаровая молния способна перемещаться под действием ветра, сквозняка, обычно по извилистому пути. При этом слышен свистящий или шипящий звук, сопровождающий ее до исчезновения или разряда. Наблюдаются случаи, когда шаровая молния как бы катится вблизи поверхности земли, подпрыгивая на неровностях, иногда притягивается к проводам или проволочным ограждениям и катится вдоль них.

Шаровая молния оседает на заземленных предметах либо двигается вдоль них, при этом эти предметы сильно разогреваются.

В случае прикосновения или разряда на человека она причиняет сильные ожоги, следствием которых является смертельный исход.

Шаровая молния может незаметно проникнуть в помещение через открытые окна, двери, печные дымоходы, небольшие щели. После нескольких причудливых необъяснимых перемещений она может незаметно уйти, не оставив после себя никакого следа.

В результате разряда шаровой молнии в помещении чаще всего повреждается электропроводка, металлические предметы.

Но часто она взрываясь приводит к пожару или производит серьезные разрушения. В месте взрыва наблюдаются обрывы проводов, отверстия, оплавление поверхностей и т.п.

В связи с тем, что до сих пор не удается объяснить проявления шаровой молнии, невозможно рекомендовать надежные способы защиты от нее.

Защита, применяемая от линейных молний, не дает должного эффекта при шаровой молнии. Поэтому, чтобы как-то оградить себя от возможного поражения шаровой молнией, необходимо придерживаться некоторых простых рекомендаций. Трубы на крыше могут служить хорошим путем для проникновения шаровых молний в дом, поэтому они могут появляться из печей. Покружив по помещению, шаровая молния часто уходит по тому же пути обратно. В помещении во время грозы необходимо держать закрытыми окна, двери, форточки, задвижки дымоходов, а вентиляционные отверстия необходимо снабдить заземленными металлическими сетками с отверстиями 3 - 4 см и диаметром проволоки 2 - 2,5 мм. Это особенно важно соблюдать, если известно, что в данной местности наблюдались случаи возникновения шаровой молнии.



Учитывая, что движение шаровой молнии происходит по потоку воздуха, в случае встречи с ней необходимо «замереть» на месте, чтобы не привлечь ее к себе. Не исключено, что она может оставаться в покое в течение некоторого времени.

Считается, что шаровая молния очень редко встречающееся явление, однако автору известен случай, когда в один сезон на садовом участке наблюдалась шаровая молния дважды. Оба раза после разряда линейной молнии в кровлю садового домика по кровле покатылся шарик и разрядился на рядом растущее дерево. В другом случае - на соседний участок с другой стороны.

В такой ситуации необходимо четко следить за тем, чтобы молния не вошла в дом, а дом естественно должен иметь надежную молниезащиту. Кроме того, во время грозы не рекомендуется выходить из помещения.

1.2. Частота поражения молнией земной поверхности

Подсчитано, что на всем земном шаре за год происходит 16 миллионов гроз, т.е. 44 тысячи ежедневно. Если принять, что средняя продолжительность грозы составляет 1 час, то получится, что в любой момент на поверхности земного шара происходит около 2 тысяч гроз. Однако грозовая активность или число гроз распределяется по поверхности нашей планеты неравномерно, в зависимости от географической широты, характера земной поверхности, рельефа местности, характера воздушных и морских течений и т.п.

В равнинной местности, а также в северных и южных районах земного шара грозы происходят сравнительно редко. Наибольшее число гроз наблюдается в странах, расположенных ближе к экватору, что очевидно связано с активными испарениями.

Грозы над материками бывают чаще, чем над океанами. В сухой пустынной местности количество гроз невелико. Но их много там, где почва достаточно влажна и местность имеет пересеченный рельеф.

Встречаются районы на земном шаре, где бывает до 250 грозовых дней в году.



Среднее число грозовых часов и дней в год в различных районах России и ближнего зарубежья показано на рис. 1 и в Приложении I.

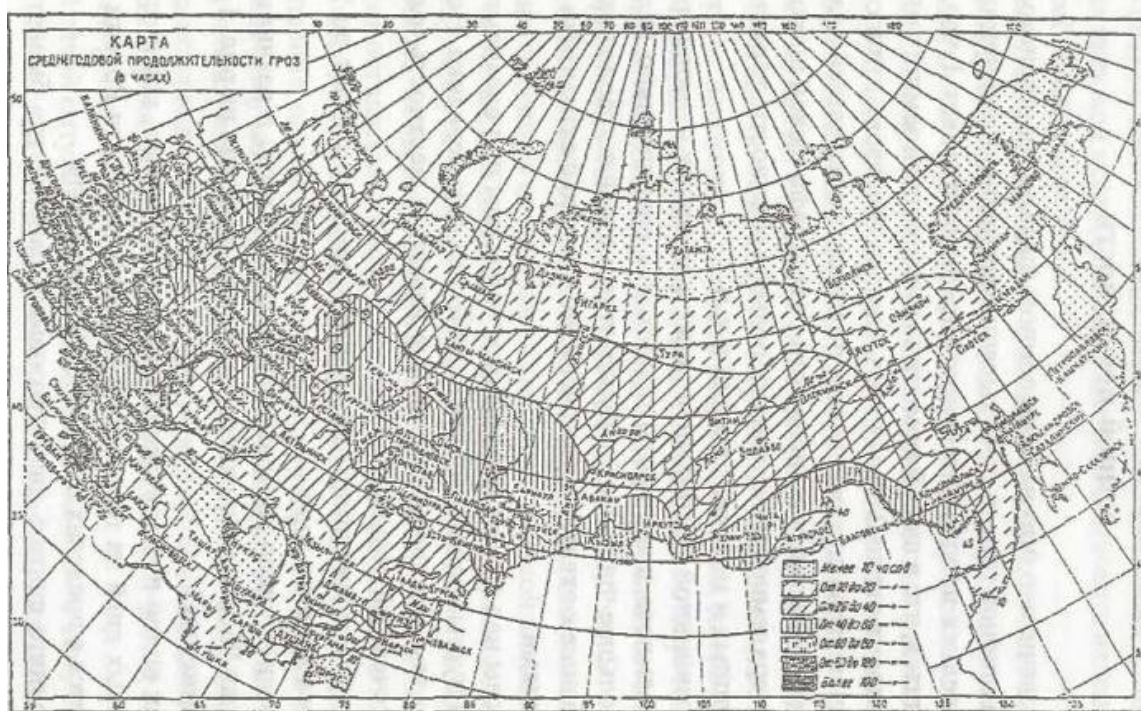


Рисунок 1. Карта интенсивности грозовой деятельности

Как видно из приведенных выше материалов, количество грозовых дней на территории Европейской части России колеблется в пределах от 5 - 10 до 60 дней в году.

Принято считать слабо грозовыми районы, где бывает до 10 грозовых дней (до 15 часов) в год.

Районы с числом грозовых дней от 10 до 30 (от 15 до 30 ч/г) - считать грозовыми, а с числом грозовых дней более 30 (свыше 30 ч/г) - сильногрозовыми.

Гроза обычно сопровождается дождем. Застигнутые в открытой местности люди стремятся спрятаться от дождя под деревьями. Однако находиться под деревьями, особенно высокими или отдельно стоящими, во время грозы очень опасно. При разряде



молнии в дерево возможно поражение находящихся под ним людей.

Кроме прямых разрядов молнии в дом или постройку и проникновения в него высоких потенциалов через коммуникации, для взрывоопасных и пожароопасных помещений дома представляют также опасность так называемые вторичные воздействия молнии. Дело в том, что при разрядах молнии даже на удалении до 0,5 - 0,7 км от дома вследствие электростатической индукции на изолированных от земли металлических частях, находящихся внутри дома и на крыше, могут наводиться высокие потенциалы относительно земли. Разряд молнии сопровождается появлением в окружающем пространстве изменяющегося во времени магнитного поля. Магнитное поле индуцирует в контурах, образованных из протяженных различных металлических предметов (трубопроводов, электрических проводов и пр.), электродвижущую силу, величина которой зависит от силы тока прямого разряда молнии, размеров и конфигурации контура, взаимного расположения канала молнии по отношению к этому контуру. В замкнутых контурах появляется ток, нагревающий их отдельные элементы. Но в силу незначительной величины и кратковременного протекания, наведенный ток не представляет опасности.

В незамкнутых контурах ток вызывает искрение или сильный нагрев. Под действием наведенных напряжений, достигающих по величине десятков тысяч вольт, внутри дома могут возникать искры длиной в несколько сантиметров. Такая искра вряд ли может воспламенить горючие материалы, однако, если в помещении содержится взрывоопасная концентрация паров, газов или пыли горючих веществ, она может вызвать взрыв.

Ко вторичным проявлениям молнии относят также появления разности потенциалов внутри здания вследствие заноса высоких потенциалов по подземным и надземным металлическим коммуникациям (трубопроводам, кабелям, воздушным линиям связи, воздушным линиям электропередачи и т.п.), радио и телевизионным антеннам и др.

Таким образом, каждый дом и ценные приусадебные постройки должны быть защищены от разрядов молнии. Защищая здания, мы защищаем находящихся в них людей и животных, которые могли быть поражены током молнии или могли пострадать в результате вызванного молнией взрыва или пожара.



1.3. Электростатическая индукция

Во время грозы на земле и в облаке скапливаются электрические заряды, равные по величине и обратные по знаку. По мере приближения к земле канала молнии сильно изменяется электрическое поле вблизи земли. Особенно сильно оно меняется в начальной фазе главного разряда.

На металлических конструкциях дома: кровле, антеннах, трубах, возникает значительная разность потенциалов по отношению к земле, достигающая десятков тысяч вольт, способная вызвать искру в воздушном промежутке длиной в несколько сантиметров.

Длительность такой искры составляет микросекунды, но в определенных условиях (во взрыво- или пожароопасной среде) может привести к взрыву или пожару.

В жилых домах, покрытых металлочерепицей, этот процесс может представлять повышенную опасность вследствие ряда причин: неправильной укладки и крепления листов кровли, отсутствия заземления кровли по всей поверхности, что во время разряда молнии вблизи дома может привести к множественным очагам искрения.

Одной из главных мер защиты в этом случае, реально выполнимой на практике, является применение стержневых молниеотводов и заземление кровли.

Установленный рядом с домом или на доме стержневой молниеотвод хотя и приближает разряд прямого удара молнии к дому, вследствие чего индуцированное напряжение возрастает, но в то же время, образуя встречный лидер, удаляет от защищаемого дома зону, в которой формируется главный разряд молнии, уменьшая тем самым величину шаговых напряжений. Во многих странах Запада наряду с пассивными широко применяются активные стержневые молниеотводы, образующие в предразрядный период лидеры ионизированного воздуха значительной высоты в направлении к молнии, что создает искусственный надземный канал для разряда молнии через этот молниеотвод.

1.4. Воздействия молнии на дом при прямом разряде



Жилые дома и различные хозяйственные постройки редко поражаются молнией; однако каждый ее разряд в незащищенное здание может привести к значительным разрушениям и представляет серьезную опасность для жизни людей и животных.

Особенно тяжелые последствия вызывают разряды молнии для жилых домов из дерева - пожары.

Ток молнии не представляет опасности для металлических проводников сечением 35 мм² и больше или металлических частей дома, имеющих хорошее соединение между собой и с землей. Однако поражение молнией домов, не имеющих электрического соединения с землей или сооруженных из непроводящего материала (кирпич, бетон, камень, дерево и т.п.), вызывает пробой на участке от точки удара молнии до земли. Образование канала разряда молнии в толще непроводящего материала сопровождается созданием высокого давления и температуры, приводит к разрушению элементов дома, по которым проходит ток. Известны многочисленные случаи расщепления по этой причине кирпичных и деревянных стен домов, деревьев. Соприкосновение канала разряда молнии, имеющего весьма высокую температуру, с легковоспламеняющимися и горючими материалами или взрывоопасными смесями газов, паров и пыли вызывает пожар или взрыв.

Разряд внутри не имеющего молниезащиты дома или хозяйственной постройки опасен для жизни находящихся в нем людей и животных. Разряд может произойти через тело человека, а ток разряда может оказаться смертельным. Разряды молнии в провода воздушных линий (электрических, телефонных, радиотрансляционных и др.) вызывают появление в этих проводах высоких потенциалов, которые проникают в дома, вызывая искрение с электропроводки, штепсельных розеток, выключателей, телефонных аппаратов, репродукторов и др. электроприемников на землю или на заземленные элементы дома (водопроводные, отопительные или канализационные трубы и другие металлические элементы дома, имеющие связь с землей). Такие разряды также могут представлять серьезную опасность для людей. Большинство случаев поражений людей связано именно с тем, что высокие потенциалы проникают в дома по проводам воздушных вводов.

Для взрывоопасных и пожароопасных помещений дома представляет угрозу также проникновение потенциалов по



подземным трубопроводам и кабелям, т.к. даже маломощные искры в таких помещениях способны вызвать взрыв или пожар.

1.5. Защита домов и приусадебных построек от молнии

Защита зданий от разрядов молнии осуществляется с помощью молниеотводов. Молниеотвод представляет собой возвышающееся над защищаемым объектом устройство, через которое ток молнии, минуя защищаемый объект, отводится в землю. Оно состоит из молниеприемника, непосредственно воспринимающего на себя разряд молнии, токоотвода и заземлителя.

Защитное действие молниеотводов основано на свойстве молнии поражать прежде всего более высокие, имеющие надежную связь с землей металлические объекты. Во время лидерной стадии в разряде молнии, на вершине молниеотвода (на молниеприемнике) скапливаются заряды, создающие наибольшие напряженности электрического поля на пути между развивающимся лидерным каналом молнии и вершиной заземленного молниеотвода. По этому пути и развивается разряд. Возникновение и развитие с молниеотвода встречного ионизированного канала предопределяет разряд молнии в молниеотвод. Защищаемый объект, более низкий, чем молниеотвод, будучи расположенным поблизости от него или под ним, оказывается заэкранированным молниеотводом и встречным лидером и поэтому практически не будет поражаться молнией.

Пространство вокруг молниеотвода, защищенное от попаданий молнии, называется его зоной защиты. Защищаемый дом (постройка) должен полностью входить в зону защиты молниеотвода. Вследствие того, что пути разрядов непостоянны, защищенность объекта обеспечивается лишь с определенной степенью надежности (не более 98 %).

Отдельно стоящие или закрепленные на доме молниеотводы по типам молниеприемников разделяются на стержневые и тросовые. Стержневые молниеотводы выполняются в виде вертикально установленных стержней (мачт) с установленными на них молниеприемниками, соединяемыми токоотводами с заземлителями, а тросовые - в виде горизонтально подвешенных тросов (проводов), являющихся молниеприемниками. По опорам, к которым крепится трос, прокладываются токоотводы,



соединяющие молниеприемник с заземлителем. Тросовые молниеотводы применяются для защиты длинных и узких сооружений, а также в тех случаях, когда из-за каких-либо других причин нельзя установить необходимое число стержневых молниеотводов. Для подавляющего большинства зданий защита стержневыми молниеотводами оказывается более простой и удобной.

Помимо стержней и тросов в качестве молниеприемников могут использоваться конструктивные элементы зданий, например металлические кровли и трубы, парапеты и др., а также отдельные проводники или сетка из стальных проводников, прокладываемых по крышам защищаемых объектов.

Дома с железной кровлей, соединенной токоотводами с заземлителем, в установке дополнительных молниеотводов в большинстве случаев не нуждаются. Они находятся как бы в металлической клетке, принимающей на себя разряды молнии. Способ защиты с помощью такой клетки (клетки Фарадея) может быть применен по отношению к небольшому числу зданий: от небольших сельских построек до современных кирпичных и железобетонных коттеджей, имеющих кровлю из оцинкованного железа (речь идет о металлической кровле из листовых материалов, собираемых с помощью кровельного шва. Покрытие из металлочерепицы не относится к ним) или плоскую кровлю с уложенной на ней молниеприемной сеткой.

В семидесятые годы XX столетия некоторыми зарубежными фирмами началось производство активных молниеотводов. Первые образцы стержневых активных молниеотводов снабжались источниками радиоактивного излучения. Предполагалось, что за счет радиоактивного излучения над молниеотводом образуется канал ионизированного проводящего воздуха, как бы увеличивающего высоту молниеотвода, а следовательно и его защитную зону. При этом главным образом в меньшей степени нарушается архитектурный облик защищаемого здания. Особенно это имеет значение при установке молниеприемника на кровле защищаемого здания. Проектируемые без учета требований молниезащиты здания, как правило, значительно теряют в архитектурном облике, особенно при установке молниезащиты после сооружения здания. Автору неоднократно приходилось «ломать голову» пытаясь, с минимальными потерями для архитектурного облика и механической надежности кровли, запроектировать молниезащиту после сооружения дома. Как правило, это возможно только с применением отдельно стоящего



молниеотвода (см. рис. [3.1](#) Приложения [III](#)), которое также не решают задачу сохранения архитектурного облика, т.к. требует сооружения очень высокого молниеотвода и значительных материальных затрат.

В этом случае предпочтительнее решение молниезащиты дома с применением активных молниеприемников. В последние годы в ряде зарубежных стран (Франция, Испания, Чехия и др.) начато производство и применение серии активных молниеотводов без использования радиоактивных материалов. Идея создания ионизированного канала воздуха в таких молниеотводах сохранена и осуществляется за счет электронных устройств, активизирующихся в предгрозовой период и обеспечивающих канал для разряда молнии на землю через этот молниеотвод. Значительное снижение высоты активного молниеприемника (практически до 2-х метров) с установкой его на коньке крыши, практически не нарушает архитектурного облика здания и обеспечивает надежную защиту от прямых разрядов молнии.

Многолетние исследования ученых Франции привели к успешной разработке и более чем десятилетнему опыту использования различных типов активных молниеотводов, не содержащих радиоактивных изотопов.

Принцип работы этих активных молниеотводов основывается на использовании упреждающей стримерной эмиссии. Основой такого молниеотвода является активная головка с электронным блоком, который в предгрозовой период за доли секунды до разряда молнии вырабатывает высокочастотные импульсы. В результате этого на молниеприемнике головки молниеотвода возникает коронный разряд, образующий встречный ионизирующий канал для разряда молнии на молниеотвод.

Этот ионизированный канал увеличивает эффективную высоту молниеотвода и многократно расширяет его защитную зону (см. рис. [2](#)).

Молниеотводы с активной головкой обладают рядом бесспорных достоинств и преимуществ по сравнению с пассивными молниеотводами:

1. Более высокой надежностью;
2. Значительным уменьшением расхода материалов на сооружение молниезащиты;



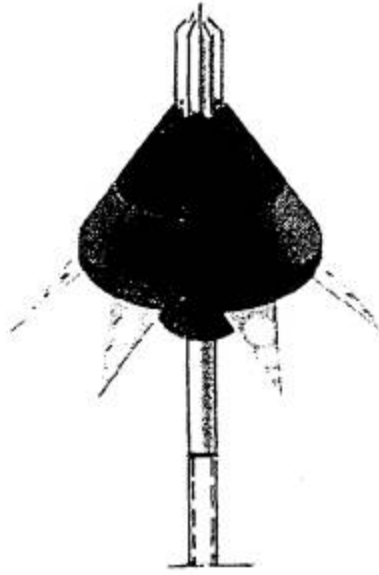


Рисунок 2. Молниеприемник активного молниеотвода

3. Возможностью установки на доме после завершения его строительства;

4. Возможностью удаления молниеотвода от защищаемого дома и уменьшения наведенного потенциала и шагового напряжения.

Как всякое устройство, активный молниеотвод обладает также некоторыми недостатками, связанными не столько с конструктивными особенностями, но с условиями применения:

1. Малый опыт применения;
2. Отсутствие (на 2002 г.) Российского сертификата соответствия;
3. Отсутствие организации, обслуживающей подобные молниеотводы;
4. Отсутствие данных о надежности и сроке службы электронной головки;
5. Высокая стоимость устройства.

Как видим из этого перечня «недостатков» меньше всего они касаются конструкции самого устройства. Опыт применения подобных активных молниеотводов в Европейских странах дает



положительные результаты. Следовательно, при обеспечении соответствующих условий, дающих возможность уверенно применять их на законной основе, активные молниеотводы найдут широкое применение и в нашей стране.

Сопоставляя стоимость сооружения отдельно стоящего молниеотвода в каждом конкретном случае, можно определить технико-экономическую эффективность применения того или иного способа молниезащиты данного объекта.

В конце 2000 года появились сообщения об изобретении активного молниеотвода, «притягивающего» к себе шаровые молнии в радиусе до 1 км. Значение изобретения такого молниеотвода трудно переоценить, учитывая, что защита от шаровых молний до сих пор ни какими устройствами не обеспечивалась, а защиты от их воздействия на людей, животных, электроустановки и конструкции зданий не было. Если эксперименты покажут высокую эффективность применения подобных молниеотводов, наряду с другими активными молниеотводами, - технические проблемы молниезащиты практически будут сняты.

1.6. Защита от проникновения в дом опасных потенциалов по проводам ответвлений от воздушных линий

Высокие потенциалы возникают на воздушных линиях различного назначения (электрических, телефонных, радиотрансляционных) как при разрядах молнии непосредственно в эти линии, так и в результате электромагнитной индукции при разрядах молнии в непосредственной (до 0,5 - 0,7 км) близости от них. Проникая по проводам в дома, высокие потенциалы вызывают разряды, представляющие опасность для людей и электробытовых приборов и аппаратов, вызывая их повреждения.

Наиболее простым средством защиты в этом случае является заземление крюков (или штырей) изоляторов на опорах ВЛ и на стенах при вводе воздушных линий в дом. Импульсное сопротивление заземления при этом следует делать по возможности меньше (не выше 20 Ом). Дополнительное заземление крюков на ближайшей к дому опоре и установка разрядников делает воздушные линии менее опасными для людей (особенно на ВЛ с деревянными опорами).



1.7. Категории молниезащиты

В соответствии с принятой в России классификацией зданий и сооружений по условиям защиты их от воздействия молнии в зависимости от степени опасности поражения молнией и выбора необходимых мер защиты все здания и сооружения разделяются на три категории.

К первой категории относятся здания и сооружения, в которых хранятся или перерабатываются в открытом виде взрывчатые вещества или внутри которых длительно сохраняются или систематически возникают смеси газов, паров или пыли горючих веществ с воздухом или другими окислителями, способные взорваться от электрической искры.

Ко второй категории относятся здания и сооружения, в которых взрывчатые или легковоспламеняющиеся вещества хранятся прочно закупоренными, а взрывоопасные смеси газов, паров или пыли с воздухом могут возникать только во время аварий или неисправностей.

Все прочие здания и сооружения, в том числе жилые дома и сельхозпостройки, разряд молнии в которые может вызвать пожар, механические разрушения и поражения людей и животных, относятся к третьей категории. Они могут защищаться как отдельно стоящими молниеотводами, так и молниезащитными устройствами, устанавливаемыми на самом защищаемом объекте. Защита от вторичных воздействий молнии для зданий третьей категории не требуется. Если к объекту подходят воздушные линии, то осуществляется защита от проникновения высоких потенциалов.

В стандарте МЭК 1024-1-1 «Молниезащита сооружений. Часть 1. Общие положения. Раздел 1. Руководство А - Выбор уровней (категорий) защиты для систем молниезащиты» установлено четыре категории молниезащиты с эффективностью систем защиты соответственно:

I категория - 98 %

II категория - 95 %

III категория - 90 %



IV категория - 80 %.

ГЛАВА 2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ УСТРОЙСТВ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

2.1. Общие положения

В основу проектирования и сооружения устройств молниезащиты должны быть положены:

1. Выбор рациональной системы молниезащиты дома с учетом его конструктивных особенностей, интенсивности грозовой деятельности, стадии сооружения дома, архитектурного облика.

2. Высококвалифицированные расчеты защитных зон, несущей способности конструктивных элементов, способов защиты от вторичных проявлений молнии, с учетом применения современных средств молниезащиты.

3. Правильный выбор материала для несущих конструкций, молниеприемника, токоотводов, заземлителей с учетом их долговечной надежной эксплуатации.

4. Максимальное использование в качестве элементов молниезащиты конструктивных элементов дома, других сооружений, которые могут быть использованы для молниезащиты.

5. Использование унифицированных конструкций (опоры ВЛ, фундаменты, металлические профили и т.п.), применяемых в народнохозяйственном строительстве.

6. Надежные методы выполнения электрических соединений всех элементов сооружений молниезащиты с применением стандартных изделий.

7. Минимальная стоимость возводимых молниезащитных устройств при максимальной эксплуатационной надежности, электро- и пожарной безопасности.



Далее будут рассмотрены вопросы конструктивного выполнения отдельных элементов молниезащиты.

2.2. Молниеприемники

К молниеприемнику, предназначенному для приема прямого удара при разряде молнии, в конструктивном отношении предъявляются требования, обеспечивающие надежность его работы в процессе эксплуатации. Многолетний опыт проектирования и эксплуатации устройств молниезащиты определил оптимальные конструктивные характеристики молниеприемников, используемых при защите зданий.

Стержневые молниеприемники могут изготавливаться, как правило, из прокатной стали различного профиля. Наиболее распространенным профилем для изготовления молниеприемников являются прутки и водогазопроводные трубы (см. рис. 3).

Молниеприемник должен обладать достаточной прочностью при динамических воздействиях тока молнии, его сечение принимается не менее 100 мм^2 при длине не более 2 м от точки закрепления на доме или конструкции молниеотвода. При использовании стальной трубы, ее верхний конец заваривают, плотно закрывают металлической пробкой или расплющивают.

Тросовые молниеприемники - это стальной трос, подвешенный над защищаемым домом, закрепленный на несущих конструкциях (опорах, мачтах). В качестве троса используют обычный стальной оцинкованный канат марки ТК сечением не менее 35 мм^2 . В принципе тросовые молниеотводы применяются для защиты протяженных сооружений (воздушные линии, здания большой длины и т.п.), однако в некоторых случаях применение тросового молниеотвода может оказаться эффективным и для защиты коттеджа. Как правило, абсолютное большинство из построенных в последние годы десятков тысяч коттеджей, не имеют устройств молниезащиты. И одним из возможных способов для их защиты могут быть тросовые молниеотводы, выполненные после ввода домов в эксплуатацию, на отдельно стоящих от дома опорах.



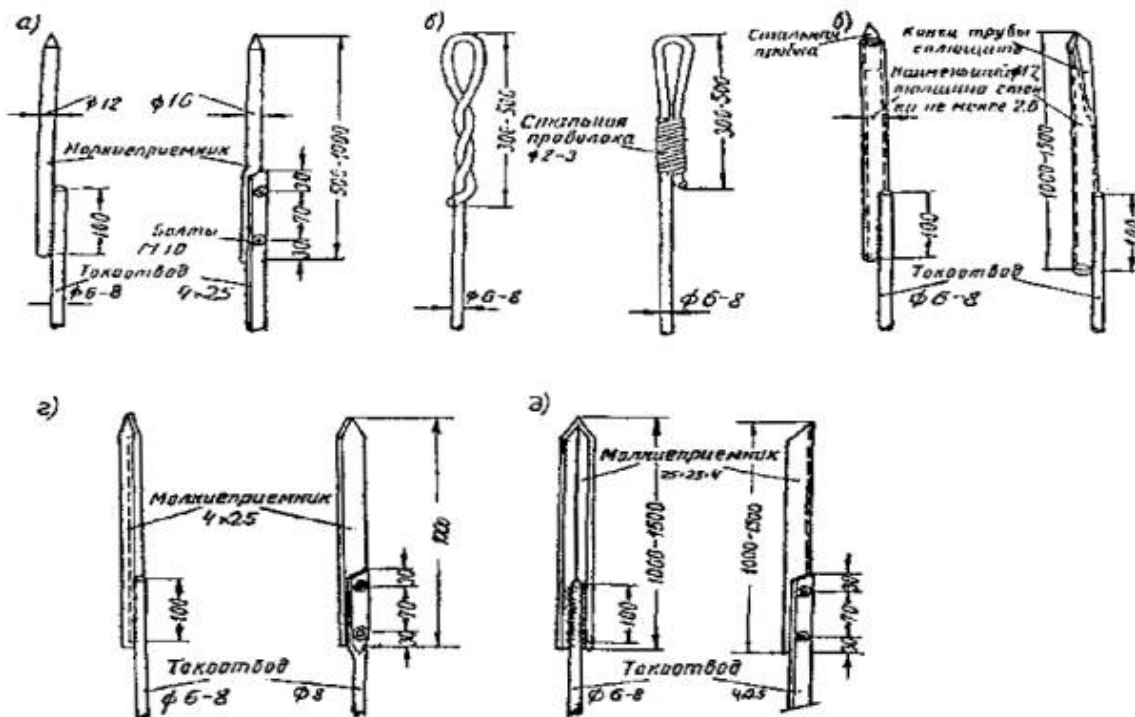


Рисунок 3. Конструкции молниеприемников

а) из круглой стали; б) из катанки; в) из стальной трубы; г) из стальной полосы; д) из угловой стали.

Закрепление троса на опорах производится с помощью натяжных клиновых или других зажимов и сцепной арматуры, применяемых для сооружения воздушных линий электропередачи. Соединение троса с заземлителем осуществляется с помощью плашечных зажимов типа ПС-1-1 и т.п. (см. рис. 4).

Сетчатые молниеприемники - это молниеприемники, укладываемые на кровле защищаемого дома или хозяйственной постройки. Они выполняются из круглой стали (катанки) диаметром 6 - 8 мм. Могут так же применяться плоские стальные полосы сечением 4'20 мм. Поскольку молниеприемная сетка укладывается на кровлю дома, должен быть решен вопрос беспрепятственного стока дождевых вод, чистки снега и льда. С этой целью допускается укладка молниеприемной сетки под слоем негорючей тепло- и гидроизоляции или другой кровли. Размеры ячейки не более 12'12 м. Токоотводы выполняются через 25 м по периметру дома с присоединением к заземлителю из круглой стали диаметром 10 мм, выполненному вокруг дома.

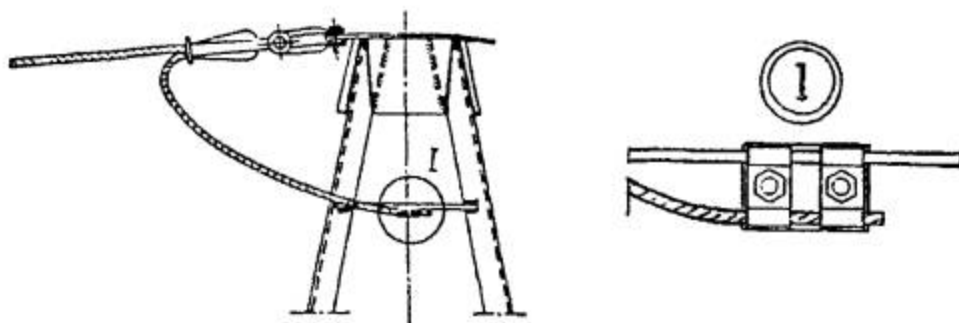


Рисунок 4. Закрепление тросового молниеприемника на несущей конструкции

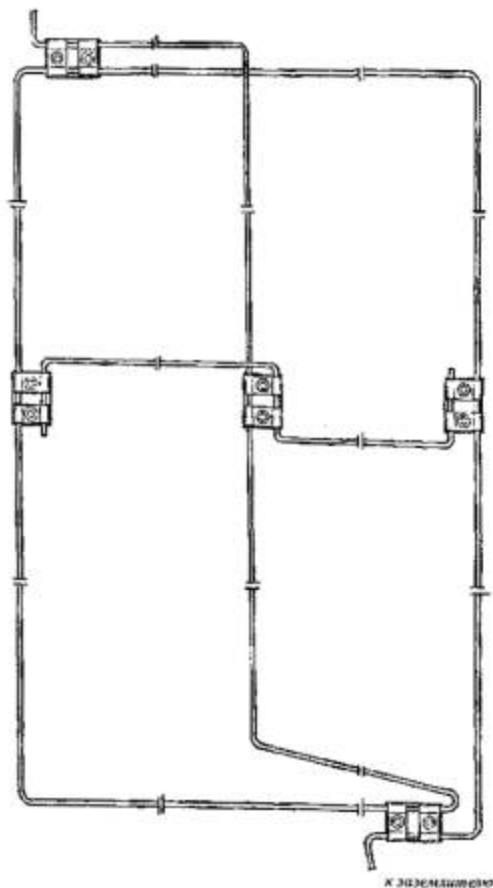
Соединение между собой отдельных ветвей сетки молниеприемника осуществляется при помощи сварки. Допускается болтовое соединение (см. рис. 5).

Примеры выполнения сетчатых молниеприемников см. рис. 6. Следует отметить, что в стандартах МЭК по молниезащите установлены более жесткие требования к выполнению сетчатых молниеприемников.

Во-первых, размер ячейки сетки уменьшается до 5 м; во-вторых, каждое пересечение имеет стержневой молниеприемник высотой не менее 250 мм; в-третьих, каждая ветвь молниеприемной сетки имеет токоотводы с обоих концов; в-четвертых, каждый токоотвод имеет заземление из двух вертикальных стержней и разъемный (плащечный) контакт для замера сопротивления заземлителя в процессе эксплуатации.

Учитывая, что в последние годы в России все больше используются стандарты МЭК, в ближайшее время могут быть введены в действия стандарты МЭК по молниезащите. Поэтому при проектировании или сооружении молниеотвода сетчатого типа необходимо руководствоваться требованиями стандартов МЭК. Пример решения молниезащиты дома с помощью такого молниеприемника показан на рис. 6. В каждом конкретном случае, в зависимости от конструктивных особенностей крыши дома, материала кровли, финансовых возможностей застройщика, размеров, способов прокладки сетки, устройства заземлителей, определяется конструкция молниеотвода для каждого конкретного дома (хозпостройки). Требования [РД 34.21.122-87\[1\]](#) являются обязательными до ввода стандартов на молниезащиту.





***Рисунок 5. Пример болтового соединения
молниеприемника сетчатого молниеотвода
с помощью зажимов типа ПС 1-1***



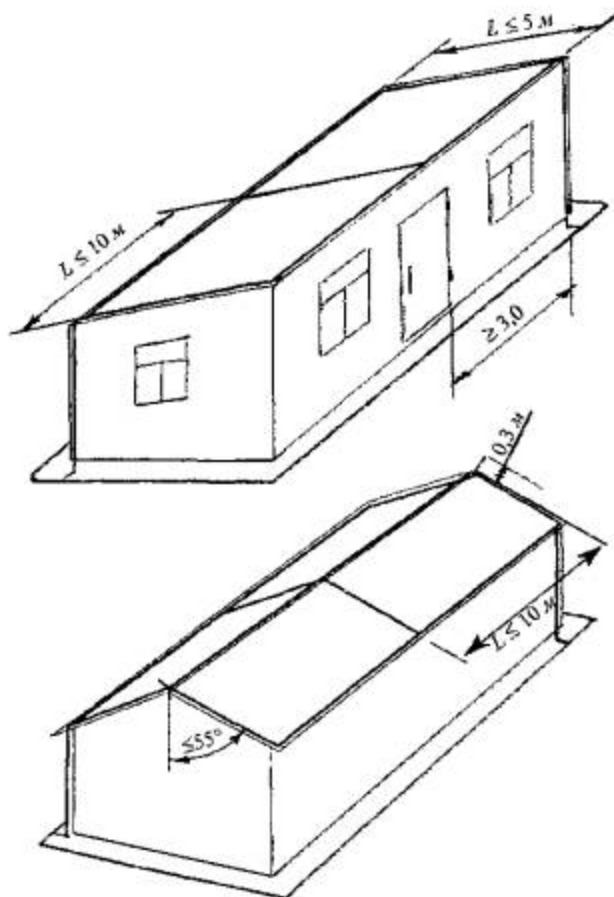


Рисунок 6. Сетчатые молниеприемники

а) на односкатной кровле; б) на двухскатной кровле.

Покровные молниеприемники* - это естественные металлические** кровли зданий, имеющие надежный электрический контакт по всей поверхности кровли.

* Понятие «покровные молниеприемники» предлагается автором в целях более четкого различия типов молниеприемников.

** Кроме металлочерепицы.

Таковыми молниеприемниками могут быть кровли из оцинкованных или черных кровельных листов, собранных между собой кровельным швом, или гофрированных оцинкованных листов, закрепленных к обрешетке кровли дома таким образом, что крепящие винты объединяют отдельные листы между собой и создают приемлемый для пропуска тока молнии электрический контакт. Для покровных молниеприемников применяются



токоотводы из стальной оцинкованной или черной катанки диаметра 6 - 8 мм, присоединяемые к кровле с помощью специальных пластин (см. рис. 7) и не реже чем через 25 погонных метров периметра дома, прокладываемых по стенам к кольцевому заземлителю вокруг дома, выполненному из круглой стали диаметром 10 мм или стальной полосы сечением 4'40 мм.

Учитывая, что требования [РД 34.21.122-87](#) о прокладке токоотводов через каждые 25 погонных метров периметра дома значительно отстают от требований соответствующих стандартов МЭК, целесообразно прокладывать токоотводы по углам дома (когда расстояние между ними не превышает 25 м), а может быть и чаще, с учетом архитектурных особенностей дома, но не превышая размеров, указанных в РД.

При этом для более надежного контакта кровли с заземлителем и надежного объединения листов кровли между собой можно порекомендовать в свес кровли, по всему ее периметру закатать горизонтальные токоотводы, или объединить все гофрированные листы кровли с помощью горизонтального токоотвода.

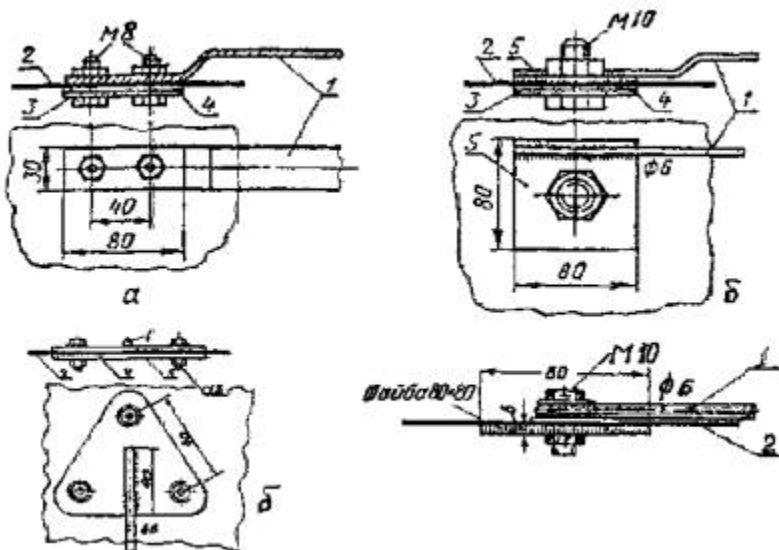


Рисунок 7. Способы присоединения плоского (а) и круглых (б) токоотводов к металлической кровле:

1 - токоотвод; 2 - кровля; 3 - свинцовая прокладка; 4 - стальная планка; 5 - стальная пластина с приваренным токоотводом.



В свою очередь концы горизонтальных токоотводов с помощью плашечных зажимов соединяются с вертикальными токоотводами и создают надежный электрический контакт кровли с заземлителем, см. рис. 8. В этом случае ожидается снижение возможности прожога кровли при прямом разряде молнии непосредственно в кровлю дома.

Все возвышающиеся над кровлей предметы: дымовые и вентиляционные трубы, мачты антенн, другие архитектурные элементы крыши дома, должны быть оборудованы стержневыми молниеприемниками (или покрыты металлическими листами) и иметь надежный электрический контакт с кровлей (токоотводами).

Струнные молниеприемники^{*} - это разновидность сетчатых молниеприемников, применяемых на зданиях с неметаллической двускатной кровлей (см. рис. 31 А), закрепляемых на коньке с помощью изолирующих (поддерживающих) стоек. Концы молниеприемника отгибаются вверх под углом 45 - 50° для создания дополнительной защитной зоны по торцам здания. Молниеприемник выполняется из круглой стали \varnothing 8 - 10 мм.

^{*} Понятие «струнные молниеприемники» предлагается автором.

2.3. Токоотводы

Токоотводом называется проводник, соединяющий молниеприемник с заземлителем. В качестве токоотводов, как правило, используются круглая оцинкованная или черная стальная катанка диаметром не менее 6 мм. Часть токоотвода, находящаяся в земле, должна иметь диаметр не менее 10 мм. Подземная часть токоотвода при помощи сварки соединяется с заземлителем. Длина сварного шва должна быть не менее 6 диаметров соединяемых элементов.



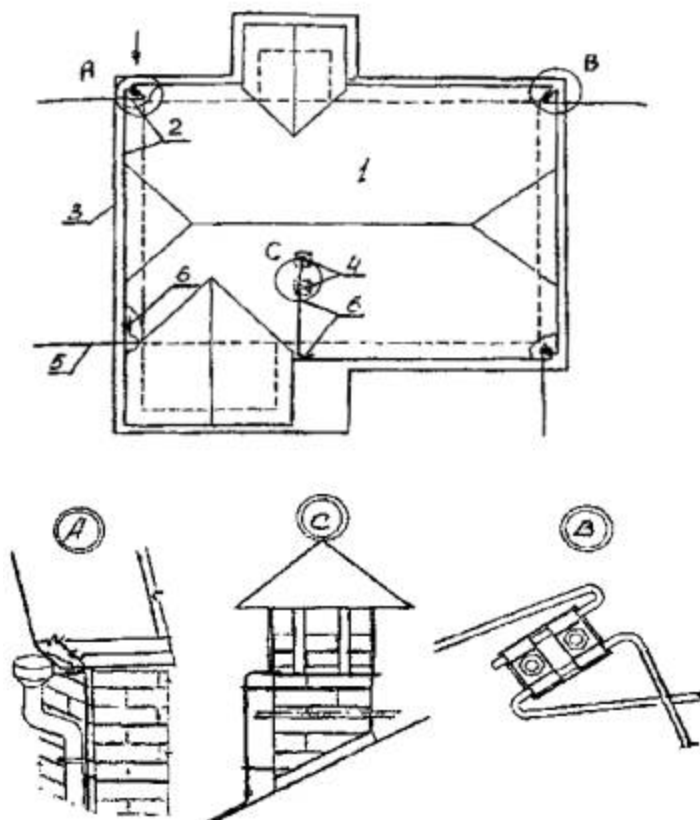


Рисунок 8. Пример устройства токоотводов, закатанных в свесе кровли:

1 - кровля из оцинкованного кровельного листа; 2 - токоотводы AE 6 мм; 3 - протяженный заземлитель AE 10 мм; 4 - металлические зонты над трубами; 5 - дополнительный горизонтальный электрод в месте подключения токоотвода к заземлителю*; 6 - зажим ПС 1-1.

* Для грунтов с $\rho \leq 500 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, см. п. 2.13 РД.

Часто в качестве токоотвода используется также стальная полоса сечением 4'20; 4'40 мм.

Допускается использование токоотводов из меди*. В качестве токоотводов могут использоваться металлические элементы обустройства дома (пожарные лестницы, парапеты, трубы) при условии обеспечения надежного электрического контакта всех элементов.



* Использование медных проводников в качестве токоотводов желательно при устройстве молниеотводов на крышах домов, имеющих кровлю из металлочерепицы.

Для токоотводов, прокладываемых непосредственно по кирпичным, бетонным или деревянным стенам домов и несущим конструкциям молниеотводов удобно использование круглой и полосовой стали. Прокладка и закрепление токоотвода на деревянных и других горючих поверхностях производится на специальных штырях, дающих возможность обеспечения расстояния между токоотводом и поверхностью конструкций дома не менее 100 мм (см. рис. [10](#)).

При сооружении дома из монолитного железобетона или с железобетонным каркасом, возможно использование арматуры в качестве токоотводов. При этом обязательно должны быть выполнены следующие условия:

1. Решение вопроса молниезащиты дома принимается на стадии проектирования дома;
2. Арматура, предусмотренная для токоотвода, должна иметь соответствующие сечения и надежные электрические соединения по пути тока к заземлителю, а также со всей арматурой дома;
3. Если используются железобетонные фундаменты в качестве естественного заземлителя, то их арматура также должна иметь надежные электрические соединения.

Гибкие токоотводы тросовых молниеприемников, установленных на деревянных несущих конструкциях, выполняются тем же тросом, что и молниеприемник. При этом сечение гибкого токоотвода не должно быть менее 35 мм.

Токоотводы следует прокладывать от молниеприемника к заземлителю по кратчайшим путям в местах, доступных для периодических осмотров. На всем протяжении они не должны образовывать петель или острых углов (рис. [9](#)). В противном случае возможны пробой между разными точками токоотводов, а также обрывы их под действием электродинамических сил, возникающих при прохождении по ним тока молнии.

Расстояния между точками закрепления токоотводов обычно принимаются не более: 2 м - при вертикальной прокладке и 1 м - при горизонтальной. Крепление токоотводов к конструкциям дома,



как и к несущим конструкциям молниеотводов, производится при помощи крепежных деталей и устройств. Допускается прокладка токоотводов из оцинкованной стали или с другим коррозионным покрытием и использованием элементов крепления с таким же покрытием непосредственно по поверхности кирпичных и бетонных стен. Для крепления на деревянных конструкциях используются стальные скобы, держатели, гвозди, шурупы, а на кирпичных, бетонных и металлических конструкциях - хомуты, закрепы, дюбели, кронштейны и т.п. Примеры крепления токоотводов показаны на рис. 10 и 3.4 , 3.6 Приложения III. При защите дома отдельно стоящим стержневым или тросовым молниеотводом, несущие конструкции которого выполнены из металла или железобетона, в качестве токоотвода рекомендуется использовать соответственно несущую металлоконструкцию или стальную арматуру. При этом диаметр арматуры не должен быть менее 6 мм, а отдельные элементы ее должны быть надежно соединены между собой сваркой. Для присоединения арматуры к заземляющему устройству последняя в нижней части железобетонной стойки опоры выпускается наружу. Так называемый «нижний заземляющий выпуск», которым оборудуются железобетонные опоры линий электропередачи. При использовании железобетонных стоек, элементы арматуры которых не имеют надежного металлического соединения, а также при применении железобетонных стоек с предварительно напряженной арматурой, не предназначенной для использования в качестве заземляющего проводника, необходимо прокладывать отдельный токоотвод соответствующего сечения.

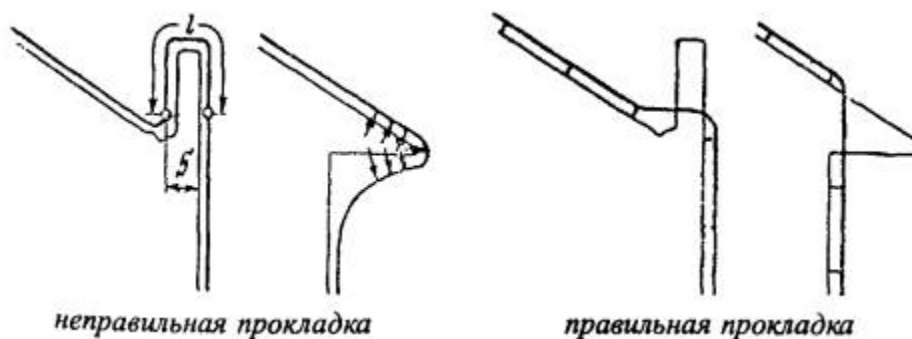


Рисунок 9. Прокладка токоотводов

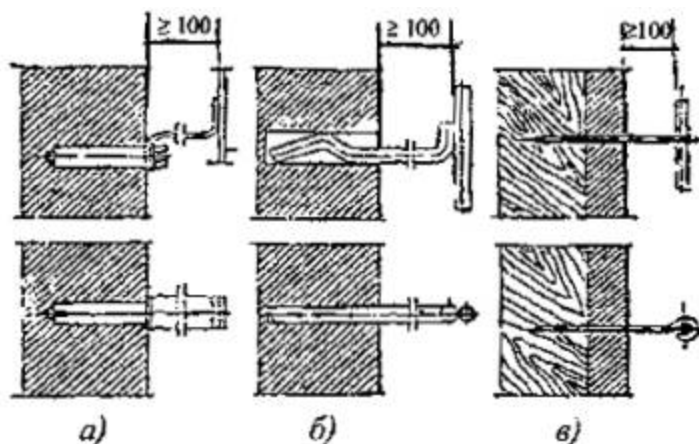


Рисунок 10. Крепление токоотводов:

а) крепление полосового токоотвода на кирпичной стене; б) крепление токоотвода из круглой стали на кирпичной стене; в) крепление круглого токоотвода при помощи держателя.

Электрические соединения отдельных частей токоотвода между собой, а также с молниеприемником и заземляющим устройством осуществляются, как правило, при помощи сварки. Допускается болтовое соединение в надземной части.

При необходимости проведения в процессе эксплуатации замеров сопротивления растеканию заземляющего устройства, соединение токоотвода с заземлителем производится при помощи болтового соединения или плашечного зажима. Устройство таких соединений (испытательных разъемов) показано на рис. 11.

Присоединение токоотводов к металлической кровле, используемой в качестве молниеприемника, осуществляется с помощью специальных прижимных устройств, обеспечивающих достаточно большую контактную площадь токоотвода с кровлей.

Примеры таких контактов показаны на рис. 7. Для защиты токоотводов от механических повреждений, последние на высоте до 2,5 м от поверхности земли и на глубине до 0,5 м закрываются швеллерной или угловой сталью как это показано на рис. 12. Для всех токоотводов, независимо от места их установки и типа, необходимо предусматривать антикоррозионные покрытия. При этом для контактных поверхностей испытательных разъемов и других соединений нельзя применять краски, лаки и т.п.; для обработки этих поверхностей следует использовать лишь оцинкование, лужение или антикоррозионную металлизацию.



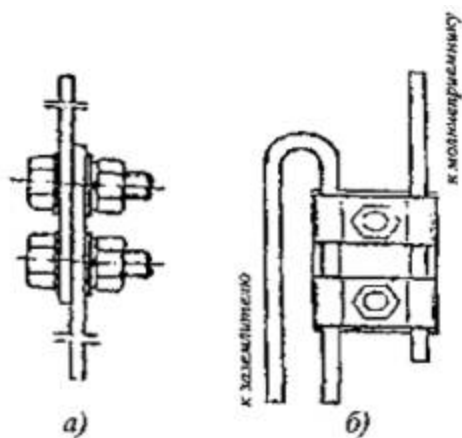


Рисунок 11. Устройство испытательных разъемов на токоотводе:

а) болтовой разъем; б) плашечный зажим.

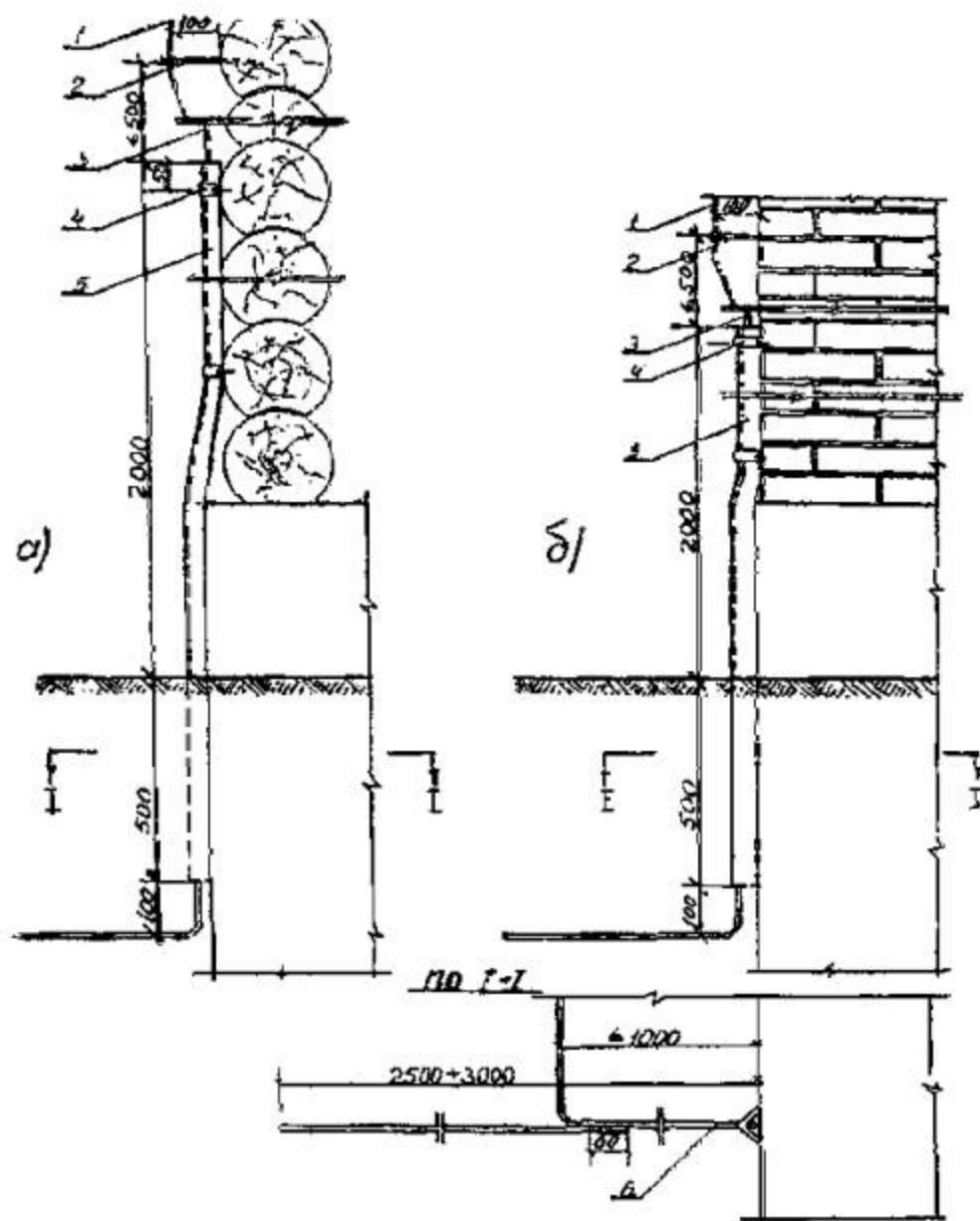


Рисунок 12. Защита токоотводов от механических повреждений:

а) на бревенчатой стене; б) на кирпичной стене; 1 - токоотвод; 2 - стержень для крепления токоотвода; 3 - токоотвод (заземлитель) $\text{AE } 10 \text{ мм}$; 4 - хомут; 5 - уголок стальной; б - горизонтальный электрод заземлителя.

2.4. Несущие конструкции молниеотводов



Современные условия и практика молниезащиты зданий, в том числе и индивидуальных жилых домов, коттеджей и приусадебных жилых построек, позволяют использовать, в зависимости от преимущественного применения, соответственно древесину, железобетон и металл. Применение того или иного материала обуславливается требуемой высотой молниеотвода; расчетными механическими нагрузками, климатическими условиями, долговечностью; а также соображениями конъюнктурного характера.

Ниже приводятся конструктивные характеристики и технические показатели некоторых, наиболее распространенных типов несущих конструкций.

1) Деревянные конструкции отдельно стоящих молниеотводов широко применяются при защите невысоких объектов, главным образом одноэтажных жилых домов и приусадебных построек. Несущие конструкции из дерева применяются, как правило, лишь для молниеотводов стержневого типа (см. рис. 13).

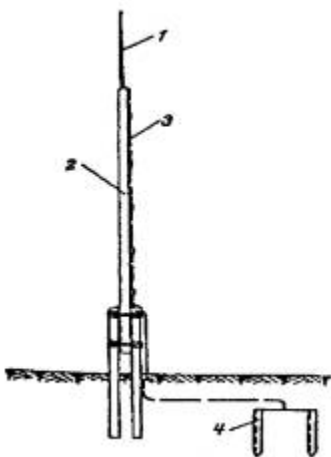


Рисунок 13. Стержневой отдельно стоящий молниеотвод:

1 - молниеприемник; 2 - несущая конструкция; 3 - токоотвод; 4 - заземлитель.

Использование деревянных конструкций для тросовых молниеотводов нецелесообразно, т.к. горизонтальные нагрузки от тяжения троса приводят к необходимости применения А образных конструкций или конструкций с оттяжками, вызывающих

значительные перерасходы материала и требующих больших площадей в месте установки молниеотвода.

Стержневые молниеотводы, единственной доподлинной нагрузкой которых является только давление ветра, являются более предпочтительными, чем молниеотводы тросового типа. Однако по мере увеличения высоты молниеотвода эти нагрузки возрастают пропорционально удлинению стойки и при определенных условиях, зависящих от скорости ветра данного района и высоты молниеотвода, достигают таких значений, при которых использование дерева для несущих конструкций уже становится нецелесообразным. Практикой проектирования установлено, что оптимальная высота деревянных конструкций отдельно стоящих стержневых молниеотводов в зависимости от конкретных условий составляет не более 20 м. Материалом для изготовления несущих деревянных конструкций молниеотводов может служить древесина осины, лиственницы, ели, пихты; применение ели и пихты для приставок не рекомендуется.

Минимальный диаметр бревен в верхнем отрубе не должен быть менее 120 мм. В целях предотвращения преждевременного загнивания все деревянные детали несущих конструкций молниеотводов подвергаются антисептированию. Допускается использовать без обработки антисептирующими составами воздушно-сухую древесину лиственницы зимней рубки. Увеличивает срок эксплуатации применение деревянных стоек молниеотводов с железобетонными приставками, используемыми в сельском электросетевом строительстве. Наиболее эффективно применение железобетонных приставок, при установке молниеотводов в неблагоприятных грунтовых условиях (песчаные и суглинистые грунты), в которых загнивание подземной части деревянных стоек особенно интенсивно. Примеры устройства стержневых молниеотводов с несущими конструкциями из дерева приведены на рис. [3.7](#) и [3.8](#) Приложения [III](#).

2) Деревянные конструкции молниеотводов, устанавливаемые на защищаемом доме, выполняются из пиломатериалов хвойных пород дерева. Древесина, используемая для этих целей, должна быть обязательно воздушно-сухой сушки.

Конструкции выполняются в виде стоек, которые служат соответственно для закрепления на них молниеприемников и токоотводов. Площадь поперечного сечения стоек определяется расчетом в соответствии с конкретными расчетными нагрузками, однако не должна быть менее 150 мм². При установке



непосредственно на кровле стойка закрепляется так, чтобы в процессе эксплуатации обеспечивалась стабильность ее положения и исключалось протекание крыши в месте установки стойки.

3) Железобетонные конструкции отдельно стоящих молниеотводов обладают высокими технико-экономическими показателями, просты в монтаже, долговечны и надежны в эксплуатации. Железобетонные конструкции стоек молниеотводов могут быть выполнены с предварительным напряжением арматуры или с ненапряженной арматурой; из вибрированного или центрифугированного бетона; прямоугольного или круглого (полого или сплошного) поперечного сечения.

Обычно в качестве несущих конструкций для этого типа молниеотводов служат типовые унифицированные железобетонные опоры, изготавливаемые на специализированных предприятиях для нужд энергетического строительства. Наиболее удобными для изготовления молниеотводов являются железобетонные стойки опор линий электропередачи, контактной сети электрифицированного транспорта или уличного освещения городов.

На рис. 14 показаны общие виды железобетонных стоек молниеотводов, выполненных из вибрированного и центрифугированного бетона. В качестве несущих конструкций этих молниеотводов использованы железобетонные стойки опор линий электропередачи.



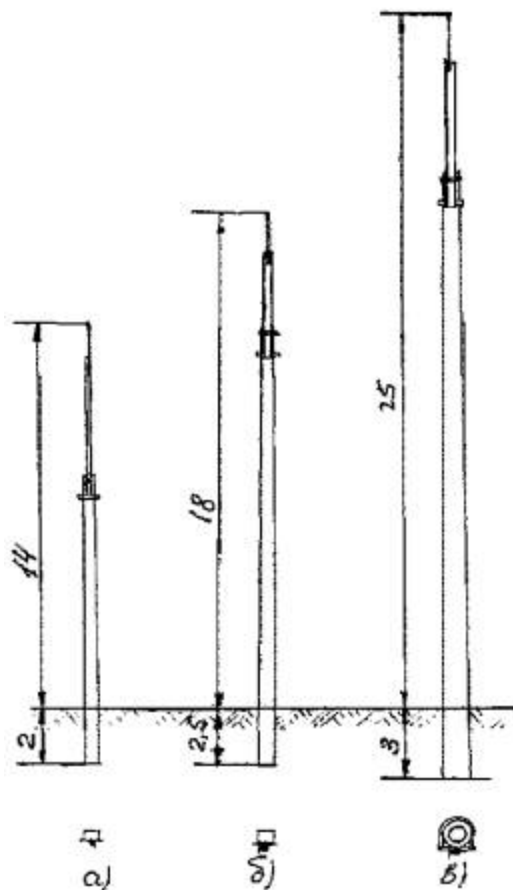


Рисунок 14. Конструкции стержневых молниеотводов на железобетонных стойках опор воздушных линий электропередачи:

а) на стойке СВ 10.5-3.5; б) на стойке СВ 164-3-5; в) на стойке СК 22.1-1.

4) Металлические конструкции молниеотводов могут выполняться либо отдельно стоящими, либо установленными на защищаемом сооружении. При этом первые служат для закрепления на них как стержневых, так и тросовых молниеприемников; вторые - только стержневых молниеприемников.

Отдельно стоящие металлические конструкции молниеотводов используются при защите коттеджей в тех случаях, когда применение деревянных или железобетонных молниеотводов невозможно, технически или эстетически нецелесообразно, а также когда с их помощью невозможно обеспечить надежную защиту коттеджа значительных размеров*. Металлоконструкции



(особенно в виде пространственной фермы) способны воспринимать значительные механические усилия от воздействия ветра и тяжения тросовых молниеприемников, что выгодно отличает их от конструкций, выполненных из дерева или железобетона. Металлические конструкции молниеотводов применяются при защите высоких коттеджей, когда требуемая высота молниеотводов составляет более 20 - 30 м, или в случаях, когда металлическая конструкция создает более приемлемый архитектурный вид.

* См. рис. [3.1](#) Приложения [III](#).

Как показывает опыт проектирования и сооружения устройств молниезащиты промышленных сооружений, наибольшая оптимальная высота несущих конструкций отдельно стоящих молниеотводов (тросовых и стержневых) составляет порядка 45 - 50 м, жилых домов - до 30 м.

Для изготовления несущих конструкций применяется прокатная сталь в основном углового профиля. В ряде случаев для этих целей, как местный материал, используются стальные, бывшие в употреблении некондиционные трубы.

При необходимости применения отдельно стоящих стержневых молниеотводов такой высоты необходимо обращаться за их проектом в специализированную проектную организацию.

Для защиты металла от коррозии вся конструкция молниеотвода (за исключением контактных поверхностей) покрывается антикоррозийным лаком № 177 в два слоя с добавлением в верхний слой лака около 20 % алюминиевой пудры.

Несущие конструкции молниеотводов могут выполняться в виде пространственной фермы или телескопического устройства, состоящего из стальных труб различного диаметра. Наиболее распространенной конструкцией является пространственная ферма, собранная из угловой стали и состоящая из отдельных сварных секций, соединенных между собой при помощи болтов.

Наибольший интерес среди применяемых в последнее время конструкций представляют несущие конструкции стержневых и тросовых молниеотводов, разработанные институтом «Тяжпромэлектропроект» (см. рис. [15](#)).



Металлические фермы этих молниеотводов комплектуются из отдельных пятиметровых секций. Минимальная высота стержневого молниеотвода составляет 10 м (2 секции), тросового - 15 м (3 секции); максимальная высота молниеотвода - 50 м.

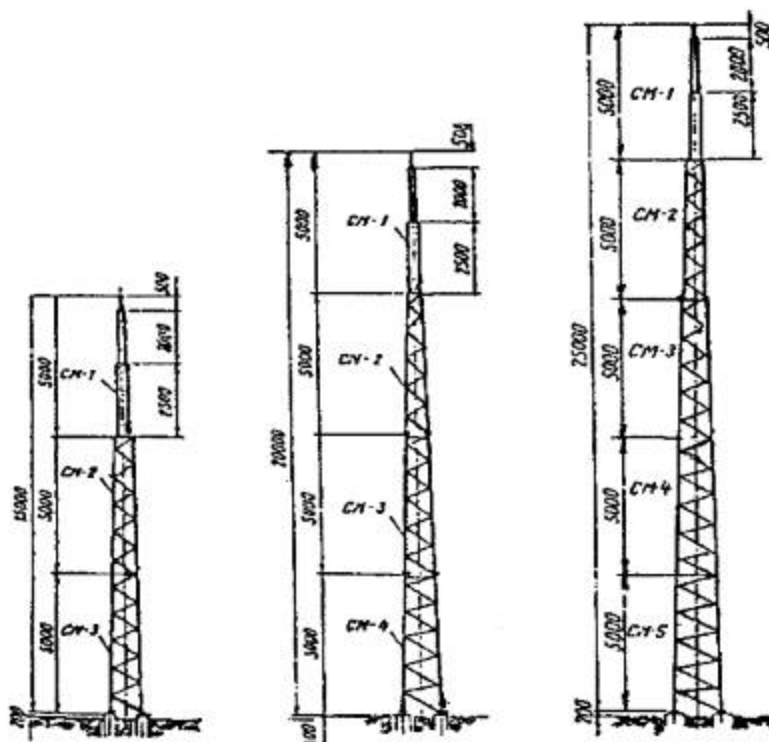
Основаниями металлических молниеотводов служат сборные железобетонные фундаменты, используемые для сооружения линий электропередачи с металлическими опорами.

Металлические конструкции, устанавливаемые на защищаемом доме, предназначенные для закрепления молниеотводов высотой до 10 м, подразделяются на два основных типа: настенные и кровельные.

Настенные конструкции выполняются, как правило, в виде кронштейнов, отдельные детали которых изготавливаются из угловой или листовой стали. Закрепление молниеотвода на кронштейне осуществляется при помощи специальных хомутов или скоб.

Для установки стержневых молниеотводов на кровле здания используются оттяжки, изготавливаемые, как правило, из угловой стали. При этом количество оттяжек принимается не менее трех, а угол смещения их по отношению друг к другу не менее 120°. Одним концом оттяжки прикрепляются при помощи болтов к кровле, а другим - к фланцу, установленному на молниеотводе, на расстоянии не менее 1/5 высоты молниеотвода. Основание молниеотвода снабжается специальным опорным устройством в виде фланца с ребрами жесткости, закрепляемым на кровле с помощью болтов.





**Рисунок 15. Металлические стержневые молниеотводы:
СМ-15, СМ-20, СМ-25**

Защита металла настенных и кровельных конструкций от коррозии осуществляется аналогично несущим конструкциям отдельно стоящих металлических молниеотводов.

Пример установки молниеотвода на кровле дома приведен на рис. [16](#).



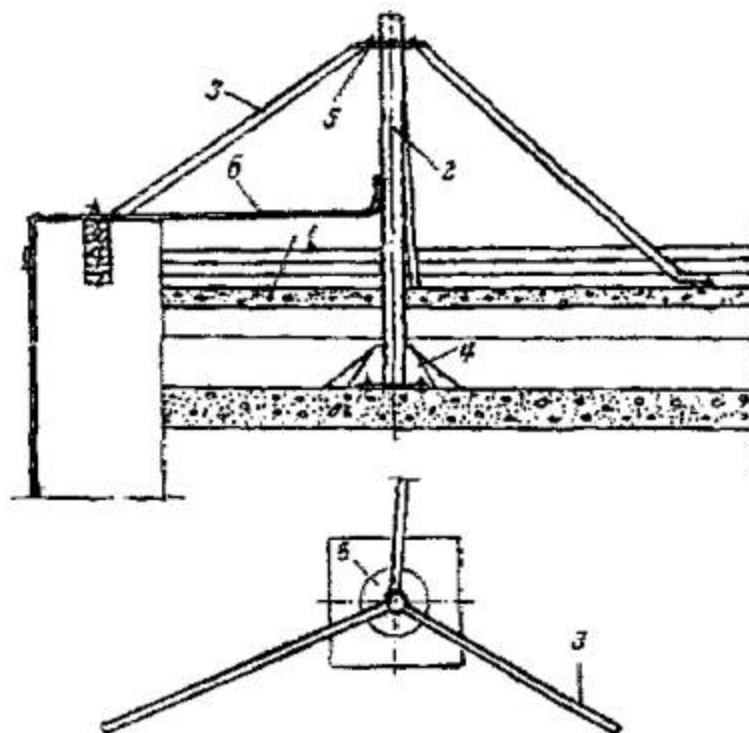


Рисунок 16. Крепление стержневых молниеотводов $h = 5 - 10$ м на бетонной кровле:

1 - кровля; 2 - молниеотвод; 3 - оттяжка из угловой стали; 4 - опора; 5 - фланец; 6 - токоотвод.

2.5. Заземляющие устройства

Накопленный опыт проектирования и эксплуатации молниезащитных устройств и экспериментальные работы, подтвержденные результатами фактических измерений, позволяют сделать выводы и рекомендовать оптимальные типы заземлителей.

1) В грунтах, имеющих небольшую величину расчетного удельного сопротивления ($\rho < 300 \text{ Ом} \cdot \text{м}$), наиболее целесообразны сосредоточенные вертикальные заземлители длиной 2,5 - 3 м, эффективно отводящие токи молнии (рис. 17).

При высокой проводимости нижних слоев грунта рекомендуется применение удлинённых электродов ($l = 4 - 6 \text{ м}$). При высокой проводимости верхнего слоя грунта следует применять протяженные заземлители длиной не более 10 м, так как



дальнейшее увеличение длины лучей при указанных характеристиках грунта практически не приводит к снижению импульсных сопротивлений растекания тока.

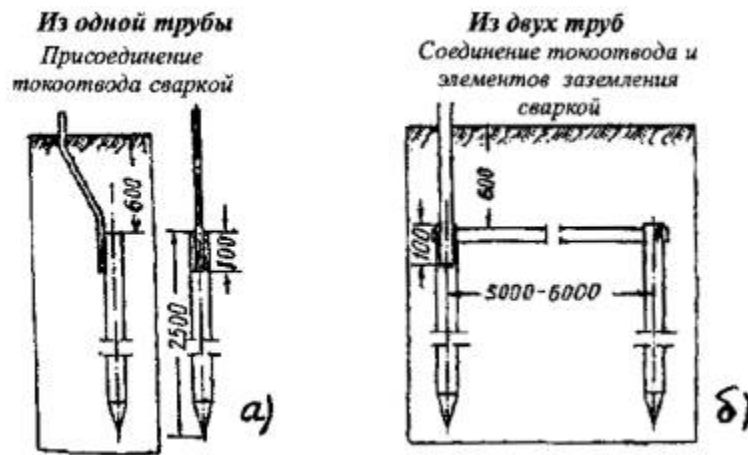


Рисунок 17. Сосредоточенный вертикальный заземлитель:

а) одностержневой; б) двухсержневой.

2) В грунтах с расчетным удельным сопротивлением $\rho \geq 400 - 700 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ оптимальным является комбинированный тип заземляющего устройства, например двух-трехлучевой тип с вертикальными электродами длиной 2,5 - 3 м (рис. 18). Наряду с лучевым расположением электродов большое распространение имеют комбинированные заземлители, выполненные в виде контура (квадрат, прямоугольник, кольцо), охватывающего защищаемый объект. При выполнении комбинированных заземлителей необходимо учитывать отрицательный эффект взаимного экранирования электродов. Поэтому не рекомендуются многолучевые заземлители с близким расположением вертикальных электродов друг от друга (менее двойной длины электродов).

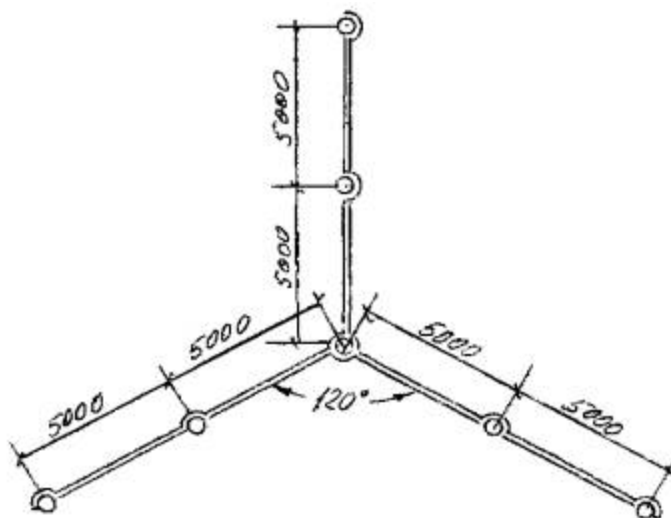


Рисунок 18. Комбинированный трехлучевой заземлитель

3) В грунтах с высоким удельным сопротивлением ($\rho \geq 800 \text{ Ом} \cdot \text{м}$) предпочтительнее применять лучевые заземлители с длиной элементов 20 - 40 м. В отдельных случаях могут быть использованы протяженные заземлители кольцевой формы.

Элементы заземляющих устройств выполняются в основном из круглой, полосовой и уголковой стали. Допускается изготовление вертикальных электродов из некондиционных или бывших в употреблении (демонтированных) газовых и водопроводных труб. Наиболее ходовым сортаментом стали для изготовления электродов являются: полосовая сталь шириной 40 мм и толщиной 4 мм, угловая сталь с шириной полки 40 мм, круглая сталь диаметром 12 - 16 мм, трубы с наружным диаметром 40 - 60 мм.

Наиболее радикальным средством защиты заземлителей от коррозии является оцинковка электродов. Необходимо помнить, что покраска и покрытие элементов заземлителя лаками или битумом резко снижают эффект растекания тока и поэтому категорически запрещается. Минимальные размеры (сечение) элементов заземлителей приводятся ниже:

полосовая и угловая сталь - сечение 48 мм^2 , толщина 4 мм;

трубы - толщина стенки 3,5 мм; круглая сталь - диаметр 10 мм.

Соединение электродов в единую заземляющую систему должно осуществляться, как правило, сваркой. Длина сварного шва должна составлять не менее двойной ширины свариваемых полос и



не менее шестикратного диаметра электродов из круглой стали. В ряде случаев (для возможности производства замеров) соединение заземлителя с токоотводом может производиться при помощи зажимов или болтов; при этом количество болтов должно быть не менее двух.

После окончания монтажа комплекса молниезащиты необходимо выполнить замеры сопротивления заземляющего устройства и сопоставить их с данными проекта. Замеры необходимо повторять в процессе эксплуатации в наиболее неблагоприятные дни грозового периода (сухое состояние почвы). Измерение сопротивления заземления выполняется специалистом.

ГЛАВА 3. ЗОНЫ ЗАЩИТЫ МОЛНИЕОТВОДОВ

3.1. Общие положения

Защитные функции молниеотводов различных конструкций, как отмечалось ранее, основываются на свойстве молнии с большей вероятностью поражать более высокие и хорошо заземленные металлические предметы по сравнению с другими, отличными по электропроводности и степени заземления предметами.

Молниеотвод, установленный рядом с домом или на доме (над домом), принимающий на себя разряд молнии, представляет собой возвышающееся над домом металлическое устройство, состоящее из молниеприемника, токоотвода и заземлителя.

Для защиты жилых домов от прямых разрядов молнии рекомендуется преимущественное применение стержневых (реже тросовых) молниеотводов.

Однако в определенных условиях могут успешно применяться другие типы (конструкции) молниеотводов, использующие естественные элементы конструкций дома как в качестве молниеприемников (металлическая кровля, металлические фермы и т.п.), так и в качестве несущей конструкции (кровля с неметаллическим покрытием) для размещения на них молниеприемников (молниеприемная сетка, струна).



Стержневые молниеприемники закрепляются на самостоятельных несущих конструкциях, устанавливаемых отдельно, или непосредственно на доме.

А тросовые - в виде горизонтально подвешенных над домом проводов (тросов), также закрепляемых на самостоятельных несущих конструкциях или на конструкциях, установленных на доме.

Степень защищенности дома от поражения молнией определяется вероятностью прорыва молнии к элементам защищаемого дома, минуя молниеотвод. Вероятность прорыва молнии равняется отношению числа разрядов молнии в защищаемый дом к общему числу разрядов молнии в молниеотвод и защищаемый дом.

Расчет молниезащиты ведется по зонам защиты. Вероятность прорыва молнии к дому, расположенному внутри зоны защиты, не должна превышать допустимой (выбранной) величины.

Очертания и размеры зоны защиты определяются числом, высотой и взаиморасположением молниеотводов и зависят от допускаемой (выбранной) вероятности прорыва молнии.

Зона защиты будет тем меньше, чем меньше выбранная вероятность прорыва молнии, которую должен обеспечить молниеотвод.

Пространство между молниеотводами (если их два) защищено более надежно, чем с внешней стороны молниеотводов. Защитное действие молниеотводов снижается с увеличением высоты защищаемого дома.

Зоны защиты, наиболее характерные для высот индивидуальных жилых домов, коттеджей и хозпостроек, в основном обеспечиваются стержневыми молниеотводами высотой не более 30 м.

Эти зоны проверены многолетним опытом эксплуатации и обеспечивают достаточную надежность защиты от прорыва молнии в обход молниеотвода.

В дальнейшем изложении всех требований к молниеотводам и расчетов защитных зон речь идет только о молниеотводах высотой до 30 м.



3.2. Зоны защиты стержневых молниеотводов

По простоте изготовления и небольшой стоимости, как обеспечивающие высокую эксплуатационную надежность, стержневые молниеотводы получили наибольшее распространение. Эти молниеотводы отличаются наглядной и легко определяемой защитной зоной.

А. Одиночный стержневой молниеотвод

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода имеет форму, показанную на рис. 19.

Для молниеотводов высотой $h \leq 30$ м коэффициент защиты одиночного стержневого молниеотвода равен:

$$K_x = \frac{r_x}{h_a} = \frac{1,6}{\left(1 + \frac{h_x}{h}\right)} \quad (1)$$

где: r_x - радиус защиты на высоте h_x ;

h - высота молниеотвода;

h_x - высота защищаемого объекта;

$h_a = h - h_x$ - активная высота молниеотвода.

Решая уравнение (1) относительно r_x , получим формулу* для определения радиуса защиты молниеотвода при заданной его высоте:

$$r_x = \frac{1,6h_a}{\left(1 + \frac{h_x}{h}\right)} \quad (2)$$



* При расчете защитных зон использовать формулы Приложения I настоящей книги (Приложение 3 к РД)

Принимая высоту молниеотвода h для защиты объекта определенной высоты, вычисляем радиус зоны защиты r_x . Если полученная зона перекрывает по ширине защищаемый объект, значит высота молниеотвода выбрана верно.

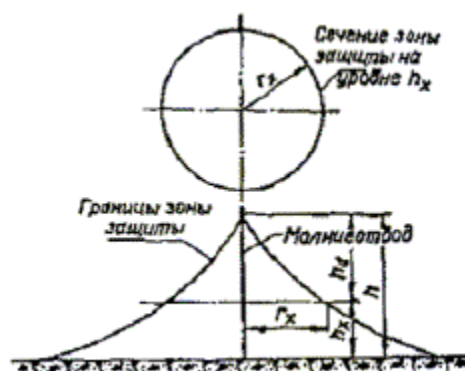


Рисунок 19. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

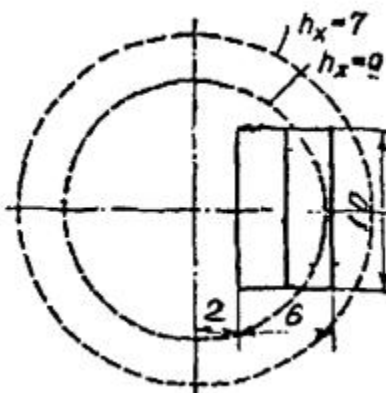


Рисунок 20. Зона защиты здания одиночным стержневым молниеотводом

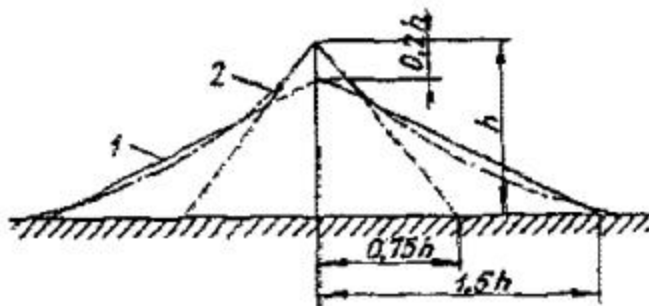


Рисунок 21. Зона защиты одиночного молниеотвода:

1 - упрощенное построение; 2 - зона защиты, построенная по формуле (2).

Если же ширина зоны недостаточна, то надо увеличить высоту молниеотвода и сделать расчет вторично, и так до тех пор, пока не будет подобрана необходимая высота молниеотвода.

В целях упрощения выбора высоты молниеотводов приводится номограмма рис. 22, по которой, зная высоту защищаемого объекта и необходимый радиус зоны защиты на этой высоте r_{χ} , определяем высоту молниеотвода.

Или, наоборот, зная высоту молниеотвода и высоту защищаемого объекта, можно определить радиус зоны защиты на этой высоте.

Пример. Дом размером 10'6 м и высотой до конька крыши $h_{\chi 1} = 9$ м до карниза $h_{\chi 2} = 7$ м защищается отдельно стоящим стержневым молниеотводом, установленным на расстоянии 2 м от него. Нужно определить необходимую высоту молниеотвода (рис. 20).

Вычерчиваем в масштабе план здания, размещаем на плане место установки молниеотвода. Определяем графически необходимый радиус зоны защиты на высоте конька крыши $r_{\chi 1} = 7,1$ м.

По номограмме рис. 22 для определения высоты одиночного стержневого молниеотвода отыскиваем точку пересечения $r_{\chi 1} = 7,1$ м и $h_{\chi 1} = 9$ м, опускаем вертикаль до пересечения со шкалой h и определяем необходимую высоту молниеотвода $h = 16$ м.

Проверяем зону защиты на высоте карниза крыши $h_{\chi 2} = 7$ м. Проводим вертикаль через точку, соответствующей по шкале $h = 16$ м, до пересечения с наклонной прямой $h_{\chi 1} = 7$ м и из этой точки



проводим горизонталь до пересечения со шкалой r_x , получаем значение $r_{x2} = 10,0$ м. Наносим на план здания зону такого радиуса, карниз здания полностью попадает в зону защиты $h_{x2} = 7$ м. Следовательно, высота молниеотвода $h = 16$ м выбрана верно.

Принятые в нашей стране способы определения зон защиты молниеотводов выполнены на основании трудоемких и подробных исследований. Однако при определении были допущены ряд условностей. В связи с этим нет необходимости в точном определении очертания защитных зон, особенно усложненного при двух молниеотводах.

В практике для молниеотводов высотой до 30 м можно воспользоваться упрощенным построением защитных зон.

Упрощенное построение, например, зоны защиты одиночного молниеотвода показано на рис. 21. Образующая поверхности, ограничивающей зону защиты, представляет собой ломаную линию 1. На этом же рисунке для сравнения показана зона защиты, построенная по формуле (2).

В стандартах МЭК на молниезащиту зданий при высоте молниеотвода до 20 м для упрощения выбора защитной зоны одиночного стержневого молниеотвода приняты защитные углы в 55° и 45° соответственно для IV и III категорий защиты.

С увеличением высоты молниеотвода угол защиты меняется. Так, при высоте молниеотвода до 30 м, он уже 45° , до 40 м - 35° и т.д.

При определении необходимой высоты молниеотвода для молниезащиты конкретного дома, коттеджа или хозяйственной постройки одиночным стержневым молниеотводом можно воспользоваться рекомендацией стандарта МЭК с последующей, после выбора высоты молниеотвода, проверкой ее по формуле или номограмме.

Б. Двойной стержневой молниеотвод

Зона защиты двух стержневых молниеотводов одинаковой высоты имеет очертания, показанные на рис. 23.

Радиус защиты r_x и, следовательно, коэффициент защиты K_x для внешней области зоны защиты определяются также, как и у одиночного молниеотвода.



Наименьшая ширина зоны защиты $r_{сх}$ между молниеотводами определяется из соотношений,

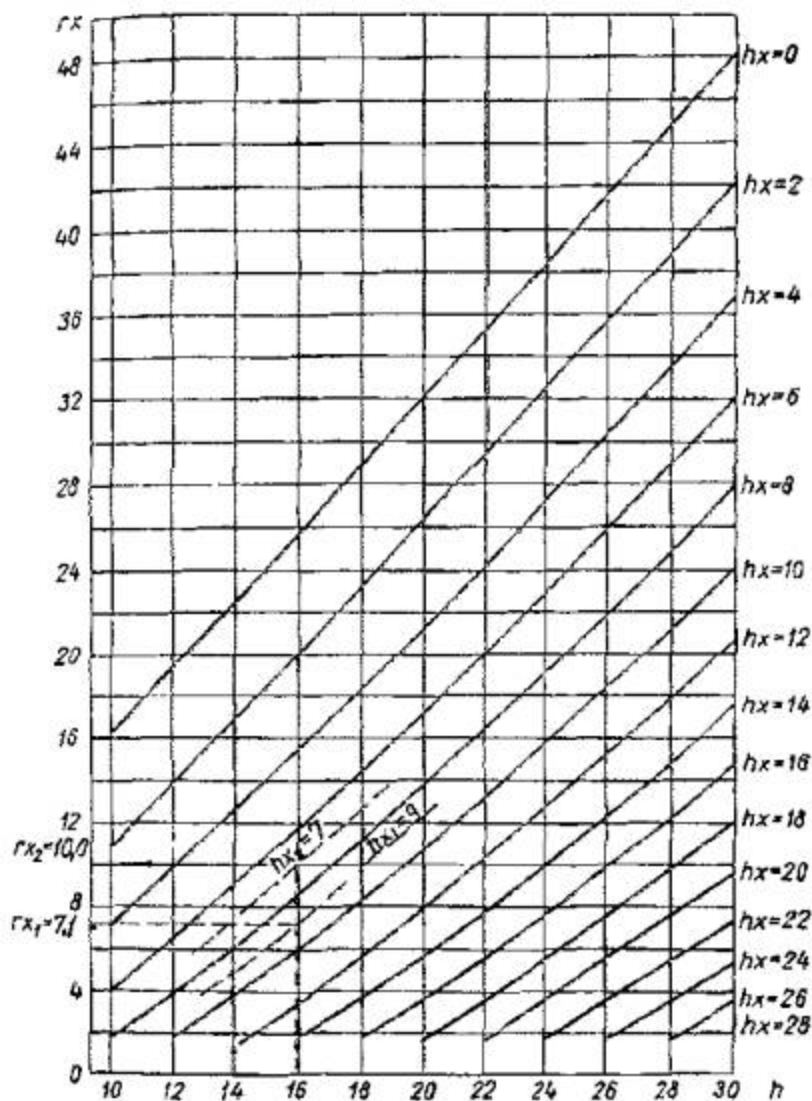
$$\frac{L}{h_a} \text{ и}$$

$$\frac{h_x}{h}, \text{ для чего воспользуемся номограммой рис. } 24.$$

Наименьшая ширина зоны защиты $r_{сх}$ для молниеотводов высотой до 30 м, между ними равна нулю при,

$$\frac{L}{h_a} = 7 \quad (\text{где } L - \text{расстояние между молниеотводами}).$$





**Рисунок 22. Номограмма для определения высоты
одиночного стержневого молниеотвода**



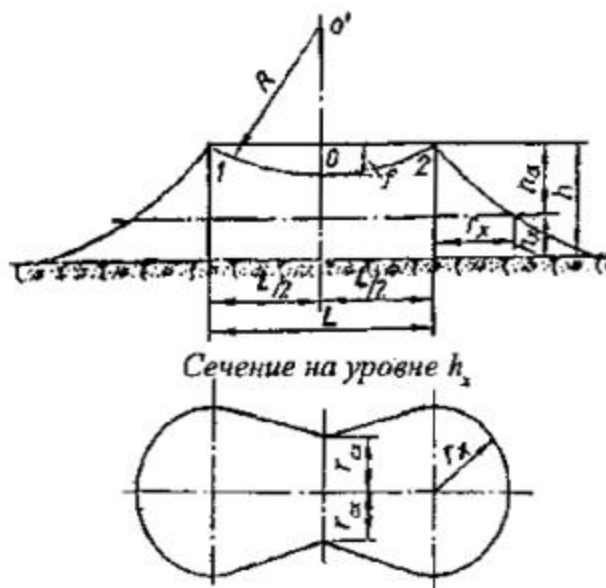


Рисунок 23. Зона защиты двух стержневых молниеотводов одинаковой высоты

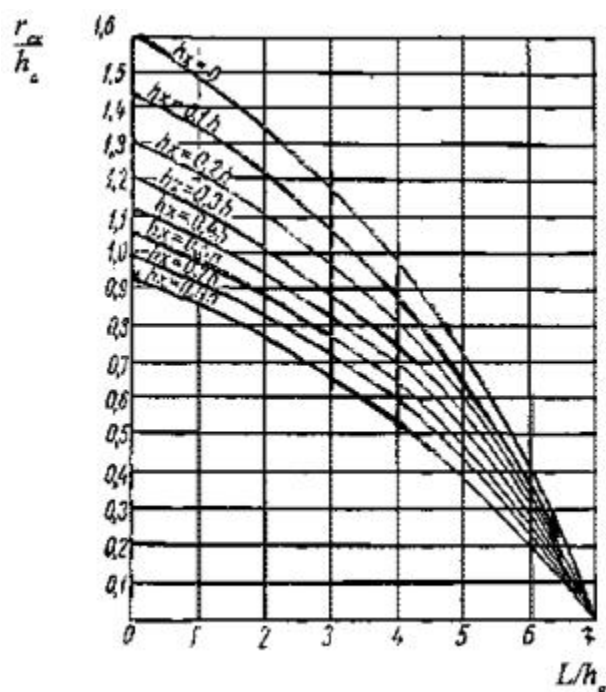


Рисунок 24. Значение наименьшей ширины $r_{сх}$ зоны защиты двух стержневых молниеотводов высотой h для

$$\frac{L}{h_a} = (0 - 7)$$

Минимальная высота зоны защиты между молниеотводами

$f = \frac{L}{7}$. Радиус R , которым очерчивается контур зоны защиты в области между молниеотводами, легко определяется графическим построением по трем точкам окружности (см. рис. 23).

Метод определения высоты двойного стержневого молниеотвода по номограмме рис. 24 требует неоднократных расчетов.

Пример. Необходимо определить высоту двух стержневых молниеотводов для защиты здания прямоугольной формы, указанного на рис. 25.

Исходные данные: длина здания - 24 м, ширина 18,0 м, высота до карниза крыши $h_{x1} = 9$ м, высота до конька крыши

$$h_{x2} = 12 \text{ м.}$$

Вычерчиваем план здания в масштабе и наносим наиболее удобное расположение молниеотводов. Определяем по плану расстояние между молниеотводами и получаем $L = 30$ м.

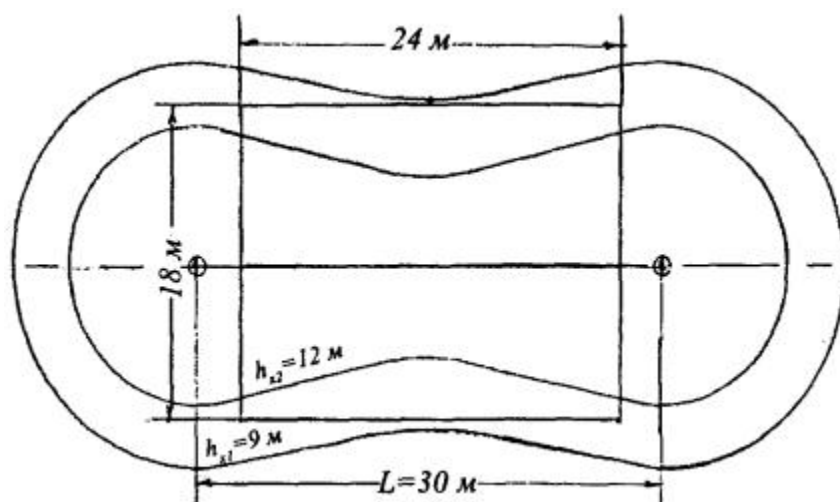


Рисунок 25. Зона защиты здания двумя стержневыми молниеотводами



Линия конька крыши в нашем примере совпадает с линией, соединяющей оба молниеотвода, поэтому наименьшую зону защиты между молниеотводами можно принять для $h_{x2} = 12 \text{ м}$, $2r_{cx} = 0$.

При этом,

$$\frac{L}{h_2} = 7.$$

Из этого соотношения определяем

$$h_2 = \frac{L}{12} = \frac{30}{12} = 2,5 \text{ м.}$$

Находим полную высоту молниеотводов:

$$h = h_{x2} + h_a = 12 + 2,5 = 14,5 \text{ м.}$$

Округляем до величины большего стандартного молниеотвода и принимаем $h = 15 \text{ м}$. Проверяем достаточность ширины зоны защиты молниеотводов $2r_{cx1}$ на уровне карниза крыши $h_{x1} = 9 \text{ м}$, для чего определяем активную высоту молниеотводов:

$$h_a = h - h_{x1} = 15 - 9 = 6 \text{ м.}$$

а также соотношения:

$$\frac{L}{h_2} = \frac{30}{6} = 5,0$$

$$\frac{h_{x1}}{h} = \frac{9}{15} = 0,6$$



По номограмме рис. 24 на горизонтальной шкале L отыскиваем деление 5,0 и из этой точки восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с кривой $h_{\chi} = 0,6$. Из точки пересечения проводим горизонтальную прямую до пересечения со шкалой

$\frac{r_{\text{сх1}}}{h_a}$.
Получаем значение 0,45.

Из соотношения

$\frac{r_{\text{сх1}}}{h_a} = 0,45$
определяем половину наименьшей ширины зоны защиты:

$$r_{\text{сх1}} = 0,45 \cdot h_a = 0,45 \cdot 6 = 2,7 \text{ м или}$$

$$2r_{\text{сх1}} = 2 \cdot 2,7 = 5,4$$

Дом имеет ширину 18,0 м, следовательно, молниеотводы высотой 15 м недостаточны для его защиты.

Задаемся молниеотводом большей высоты. Принимаем $h = 20$ м и аналогично определяем для $h_{\chi1} = 9$ м, $2r_{\text{сх1}} = 18,26$ м; $h_{\chi2} = 12$ м, $2r_{\text{сх2}} = 10,4$ м.

Радиус внешней зоны защиты для двойного молниеотвода определяем, как и для одиночного, по формуле:

$$r_{\chi} = \frac{1,6h_a}{\left(1 + \frac{h_{\chi}}{h}\right)}$$

Получаем для $h_{\chi1} = 9$ м, $r_{\chi} = 12,1$ м; для $h_{\chi2} = 12$ м, $r_{\chi} = 8$ м.

Выполняя построение зон защиты молниеотводов графически, видим, что все здание защищается. Следовательно, молниеотводы высотой 20 м можно принять для грозозащиты рассматриваемого здания.

Для удобства расчетов можно воспользоваться номограммой для определения высоты двойного стержневого молниеотвода (см. рис.



[26](#)), которая позволяет при заданных h_a , L и r_{cx} сразу определить необходимую высоту молниеотвода.

Пример. Необходимо определить высоту стержневых молниеотводов при защите дома двумя молниеотводами и размерах защищаемого дома: высоте до карниза крыши $h_{x1} = 9$ м, до конька крыши $h_{x2} = 12$ м, длине 24 м, ширине 18,0 м. Молниеотводы устанавливаются на расстоянии 3 м от стены дома по длинной оси. Дом, подлежащий молниезащите, вычерчиваем в масштабе и наносим места установки молниеотводов (см. рис. [25](#)).

По чертежу определяем наименьшую ширину зоны защиты между молниеотводами на уровне $h_{x1} = 9$ м, $2r_{cx} = 20$ м, ($r_{cx} = 10$ м), расстояние между молниеотводами $L = 30$ м.

По номограмме рис. [26](#) для определения высоты двойного стержневого молниеотвода соединяем линией точки, лежащие на прямолинейных шкалах $r_{cx} = 10$ м и $L = 30$ м, в точке пересечения с кривой $h_{x1} = 9$ м проходит прямая $h_{a1} = 10$ м, следовательно, полная высота молниеотвода

$$h = h_{x1} + h_{a1} = 9 + 10 \text{ м} = 19 \text{ м}.$$



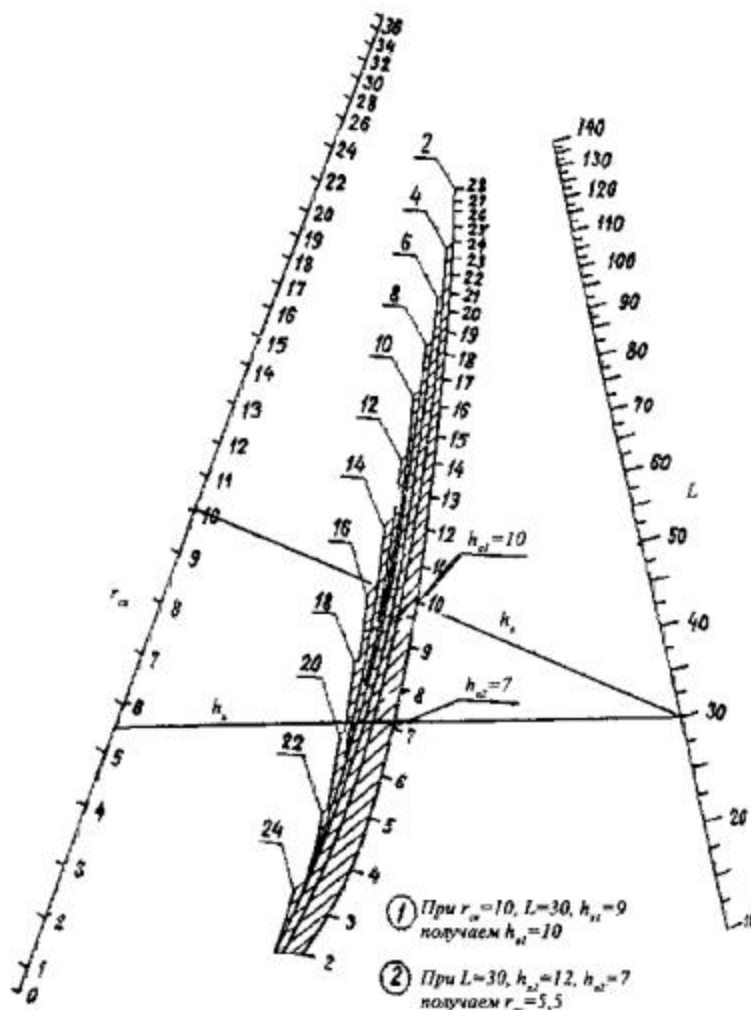


Рисунок 26. Номограмма для определения высоты двойного стержневого молниеотвода

Для определения наименьшей ширины зоны защиты между молниеотводами на уровне конька крыши $h_{х2} = 12$ м находим:

$$h_{a2} = h - h_{х2} = 19 - 12 = 7 \text{ м.}$$

По номограмме соединяем линией точку прямолинейной шкалы $L = 30$ м с прямой $h_{a2} = 7$ м, в точке ее пересечения с кривой $h_{х2} = 12$ м на шкале $r_{сх}$ линия пересекается с точкой 5,5 м. Минимальная ширина зоны защиты двойного стержневого молниеотвода на высоте $h_{х2} = 12$ м, $2r_{сх2} = 11$ м, что полностью перекрывает защищаемый объект на этой высоте. Следовательно, высота молниеотвода для защиты объекта достаточна.



Принимаем ближайшее значение стандартной высоты молниеотвода $h = 20$ м. Для графического построения зоны защиты молниеотводов необходимо аналогично вышеизложенному определить $2r_{сх}$ для $h_{х1} = 9$ м и $h_{х2} = 12$ м, а радиус внешней зоны защиты молниеотводов легко определить по номограмме по методу, изложенному для случая одиночного стержневого молниеотвода или соответствующей номограмме.

Сравнивая результаты первого и второго расчетов для выбора высоты молниеотводов можно сделать вывод, что ошибка может быть незначительной. Поэтому, пользуясь номограммой, выбираем высоту предварительно. Затем уточняем расчетом.

3.3. Зоны защиты тросовых молниеотводов

1) Конфигурация зоны защиты одиночного тросового молниеотвода показана на рис. [27](#).

Расчет параметров зоны по первому методу производится по формулам:

$$r_{\chi} = 1,25(h_{mp} - 1,25h_{\chi}), \text{ м} \quad (3)$$

(при $h_{\chi} \geq 0$ и $h_{\chi} \leq 2/3h_{mp}$);

$$r_{\chi} = 0,625(h_{mp} - h_{\chi}), \text{ м} \quad (4)$$

(при $h_{\chi} > 2/3h_{mp}$).



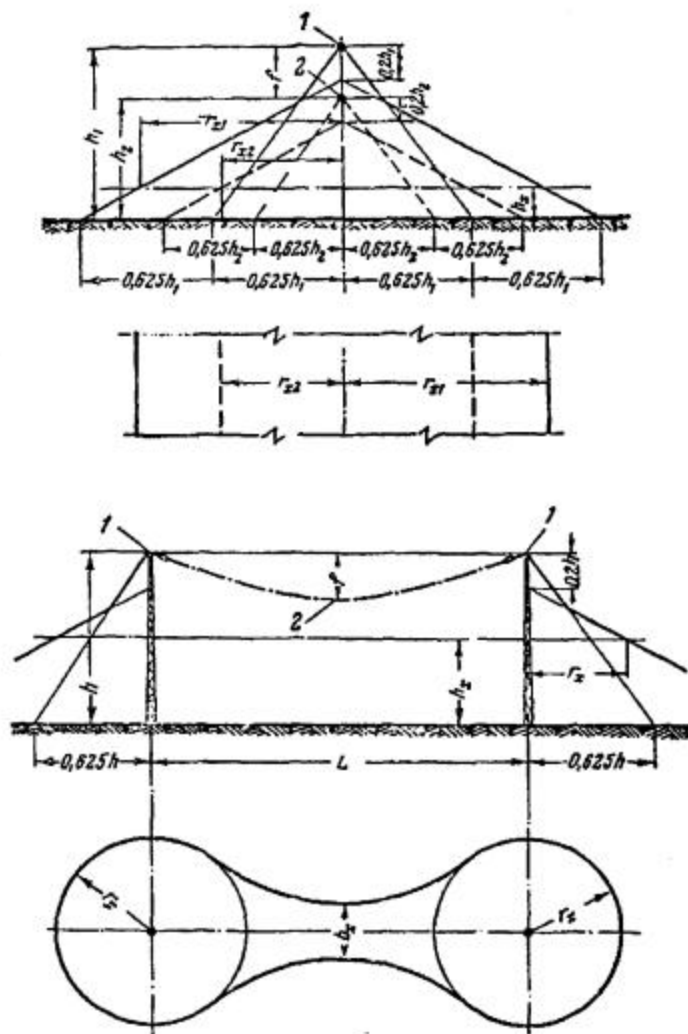


Рисунок 27. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода:

1 - положение троса в зоне закрепления; 2 - положение троса в середине пролета (с учетом стрелы провеса).

При этом полная ширина зоны защиты (по аналогии со стержневыми молниеотводами именуемая радиусом защиты) при $h_x = 0$ определяется из выражения

$$2r_x = 2,5h_{mp}, \text{ м}, \quad (5)$$

где h_{mp} - высота троса (с учетом его стрелы провеса) над защищаемым домом, м.



На рис. 28 приведена номограмма, по которой в зависимости от заданных величин h , h_x и L можно легко найти искомое значение r_x .

Торцевые области зоны защиты тросового молниеотвода определяются по расчетным формулам или кривым, применяемым для построения зон защиты одиночных стержневых молниеотводов.

Второй метод расчета предусматривает определение радиуса защиты r_x по формуле

$$r_x = h \frac{1,2}{1 + \frac{h_x}{h_{mp}}}, \text{ м}, \quad (6)$$

где h_{mp} в общем случае определяется из выражения

$$h_{mp} = h - f, \text{ м}, \quad (7)$$

где f - стрела провеса троса над защищаемым домом в середине пролета, м;

h - точка подвеса троса на несущей конструкции молниеотвода, м.



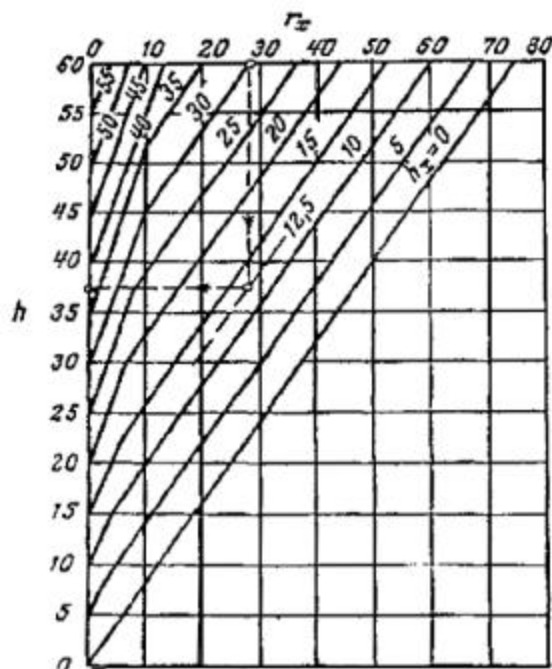


Рисунок 28. Номограмма для определения радиуса защиты одиночного тросового молниеотвода (первый метод расчета)

Принимаемая для расчета стрела провеса троса соответствует температуре грозового режима. Многочисленные наблюдения в различных областях страны показывают, что эта температура в зависимости от характера грозы (тепловая или фронтальная) и района ее возникновения часто колеблется в довольно широких пределах (от $+5$ до $+30^{\circ}\text{C}$ и выше).

Действующими нормативными источниками температура грозового режима применительно к молниезащите зданий и сооружений не регламентирована. При проектировании воздушных линий электропередачи ПУЭ 7-го издания рекомендует принимать температуру режима атмосферных перенапряжений $t = +15^{\circ}\text{C}$. Эта величина расчетной температуры применительно к таким сооружениям, как линии электропередачи, являются оптимальной как с точки зрения технико-экономических, так и эксплуатационных показателей.

При проектировании тросовых молниеотводов, применяемых для защиты зданий, к выбору расчетной температуры грозового режима следует подходить несколько иначе. Учитывая меньшие, чем на линиях электропередачи, пролеты тросовых молниеотводов, повышение расчетной температуры грозового режима, например,



до +40 °С, не окажет сколько-нибудь существенного влияния на экономику. С другой стороны, введение в расчет максимальной температуры воздуха, при которой стрела провеса троса наибольшая, значительно повысит надежность молниезащиты. Следует отметить также, что тросовый молниеприемник, находясь постоянно под воздействием тех или иных атмосферных явлений (ветер, гололед, температурные колебания), со временем частично теряет свои первоначальные параметры, заданные расчетом. Поэтому некоторый запас, связанный с повышением расчетной температуры грозового режима до вероятного ее значения, можно считать оправданным.

Учитывая изложенное, за максимальную стрелу провеса троса f будем принимать значения ее, соответствующие температуре окружающего воздуха $t = +40$ °С.

Величина F в любой точке пролета тросового молниеотвода определяется по формуле:

$$F = 4f \frac{l_1}{L} \left(1 - \frac{l_1}{L} \right), \text{ м}, \quad (8)$$

f - стрела провеса троса в середине пролета, м, (рис. [29](#));

l_1 - расстояние от несущей конструкции подвеса троса до рассматриваемой точки, м.



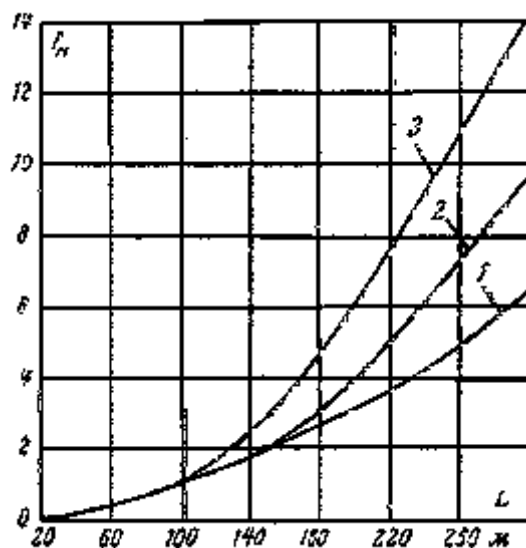


Рисунок 29. Кривые стрел провеса тросов:

1 - трос С-35 I район гололедности (Р.Г.); 2 - II Р.Г.; 3 - III Р.Г.

Известно, что грозovým разрядам, как правило, предшествуют сильные порывы ветра, которые способны вызвать отклонение тросов, имеющих практически шарнирное закрепление, в результате чего защищаемый дом может оказаться вне зоны защиты, если параметры последнего будут рассчитаны без учета действия ветра. Тем самым в наиболее опасные, с точки зрения поражения дома, моменты грозового периода может быть обеспечен свободный прорыв прямого разряда молнии в защищаемый дом.

В связи с этим при расчете параметров зоны защиты тросовых молниеотводов (особенно при больших скоростях ветра) следует обязательно учитывать возможные отклонения тросов под воздействием ветрового напора.

Отклонение троса применительно к условиям грозового режима определяется соотношением

$$\sin \varphi = \frac{\gamma_4}{\gamma_6}, \quad (9)$$



где φ - угол отклонения троса, град;

γ_4 - удельная нагрузка на трос от давления ветра, кгс/м · мм²;

γ_6 - удельная нагрузка от собственного веса троса и давления на него ветра, кгс/м · мм².

Значения γ_4 и γ_6 при различных величинах скорости ветра для тросов различного сечения приведены в табл. 1. Горизонтальная проекция отклоненного троса в любой точке пролета (рис. 30) равна:

$$C = f_n \sin \varphi, \text{ м} \quad (10)$$

здесь f_n - стрела провеса троса в рассматриваемой точке тросового молниеприемника, м.

Таблица 1

Величины удельных нагрузок тросов

Марка троса	Скорость ветра, м/сек	Удельные нагрузки, кгс/м · мм ² · 10 ⁻³	
		γ_4	γ_6
С-35	20	6,72	10,85
	25	8,95	12,36
	30	11,33	14,17

Величина f_n определяется из формулы (8)

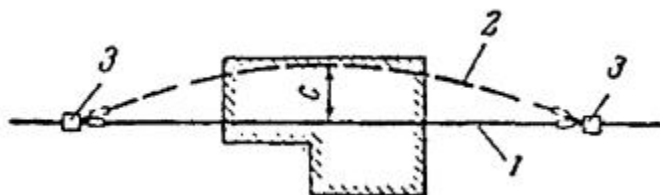


Рисунок 30. К расчету отклонения тросового молниеприемника:

1 - первоначальное положение троса; 2 - положение троса в отклоненном состоянии; 3 - несущие конструкции молниеотвода.

При расчетах тросовых молниеприемников иногда необходимо учитывать также увеличение высоты молниеприемника h_{mp} при его отклонении под воздействием ветрового напора на некоторую величину Δh_{mp} .

В ряде случаев, особенно при больших скоростях ветра, для пролетов свыше 100 м и определенном сочетании геометрических форм защищаемого дома значение Δh_{mp} может быть настолько существенным, что ввод в расчет этой величины становится необходимым. Значение Δh_{mp} для таких условий следует вычислять по формуле

$$\Delta h_{mp} = f_n - \sqrt{f_n^2 - c^2}, \text{ м.} \quad (11)$$

Таким образом, высота тросового молниеприемника в отклоненном положении в общем случае определится выражением

$$h'_{mp} = h_{mp} + \Delta h_{mp}, \text{ м.} \quad (12)$$

Из приведенных выше соображений по расчету зоны защиты тросового молниеотвода становится понятным, что: 1) расчетом должен заниматься специалист; 2) сложность конструктивного исполнения тросового молниеотвода, его влияние на архитектурные формы дома и высокая стоимость не приведут к массовому применению. Поэтому примеры расчета в книге не приводятся.

3.4. Зона защиты сетчатого молниеотвода

Сетчатые молниеотводы обладают достаточно высокой степенью надежности молниезащиты и по своим экономическим



показателям, связанным с расходом металла, могут превосходить стержневые и тросовые молниеотводы. Однако в некоторых случаях, при невозможности использования других типов молниеотводов, они могут оказаться даже экономически выгодными или единственно возможными по конструктивным соображениям, или ради сохранения эстетического (архитектурного) облика дома. Сетчатые молниеотводы устанавливаются на защищаемом доме. Их защитная зона - все, над чем они установлены (см. рис. [31](#)).

Основными недостатками сетчатых молниеотводов можно считать следующие:

1. Повышенный расход металла;
2. Невозможность непосредственной укладки по сгораемым кровлям;
3. Необходимость укрытия под кровлю для обеспечения беспрепятственной чистки кровли от снега и льда;
4. Возможный прожог кровельного материала при прямом разряде молнии;
5. Необходимость удаления заземленных элементов в доме от сетки и токоотводов на расстояние до 1 м из-за возможных перекрытий во время разряда молнии;
6. Необходимость установки стержневых молниеприемников на выступающих над сеткой конструктивных элементах дома (дымоходы, трубы, антенны и т.п.).

3.5. Зона защиты покровного молниеотвода

В последние годы все больше сооружается коттеджей с металлической кровлей. Это и традиционные способы покрытия металлическими листами со сборкой их с помощью кровельного шва, с применением гофрированных листов металла, металлочерепицы.

С точки зрения использования таких покрытий в качестве молниеприемников следует четко различать их способность к приему и отводу молнии в землю.



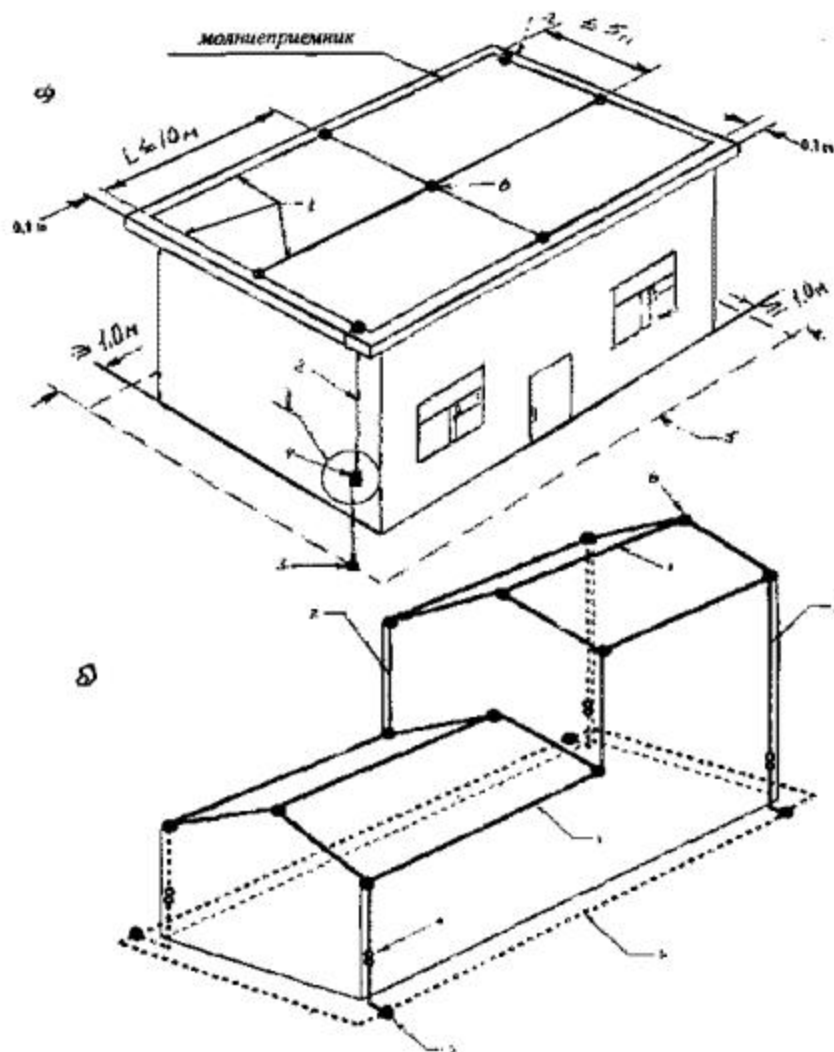


Рисунок 31. Примеры устройства сетчатых молниеотводов:

а) на односкатной крыше; б) на двухскатной двухуровневой; 1 - проводник молниеприемника сетчатого молниеотвода; 2 - токоотвод; 3 - сварной контакт токоотвода с заземлителем; 4 - соединительный зажим для замера сопротивления заземлителя; 5 - протяженный заземлитель; 6 - соединительный зажим молниеприемника.

Кровли, собранные с помощью кровельного шва, и кровли из гофрированных листов, собранные таким образом, что все листы имеют металлическую связь между собой через элементы крепления к обрешетке (например, винтами-саморезами) и необходимое количество токоотводов - могут использоваться в



качестве молниеприемников (см. рис. 8). Естественно, что при прямом разряде молнии возможен прожог металла в месте разряда. Но, учитывая, что молнии будут поражать дом далеко не каждый год, эта неприятность, легко устранима.

Другое дело металлочерепица. Изолированная поверхность листов металлочерепицы при правильном крое (на поставляющей фирме) и правильной укладке по обрешетке с закреплением винтами-саморезами по выпуклости, создает некоторое контактное соединение, способное разве только для отвода на землю потенциалов, наведенных в кровле при разрядах молнии в стороне от дома и других природных явлений (снег, дождь, ветер и т.п.), но такие соединения неспособны отвести ток молнии. А, учитывая малую толщину листа и его большие размеры (от конька до свеса кровли) замена его при прожоге будет сопряжена с немалыми трудностями и стоимостью.

Естественно, что в зоне защиты покровного молниеотвода будет все то, что под кровлей.

К основным недостаткам покровных молниеотводов следует отнести:

1. Возможный прожог при прямом разряде молнии;
2. Необходимость установки стержневых молниеприемников на выступающих над кровлей конструктивных элементах дома (дымоходы, вентиляционные трубы, антенны и т.п.);
3. Некоторые сложности с присоединением токоотводов к кровле и др.

3.6. Зона защиты струнного молниеотвода

Для «неответственных» объектов на приусадебных участках и садовых домиков с неметаллической кровлей целесообразно применение упрощенной молниезащиты с помощью струнных молниеприемников. Зона применимости этих молниеприемников - кровли с углом не более 100° . Молниеприемник - сталь круглая (катанка) 6 - 8 мм оцинкованная или с коррозионно стойким покрытием, укладывается вдоль конька крыши с креплением к ней на расстоянии не менее 10 см в свету на деревянных или иных



изолирующих прокладках. Концы молниеприемника загибаются на длине 25 - 30 см и служат в качестве вертикальных молниеприемников и присоединяются к токоотводам (см. рис. [31](#) и [3.6](#) Приложения [III](#)).

По опыту применения подобных молниеприемников на Западе и рекомендациям стандартов МЭК по молниезащите, такие горизонтальные молниеприемники имеют защитный угол 55 градусов. При незначительной стоимости и легкости выполнения эти молниеотводы могут широко применяться.

К недостаткам следует отнести:

1. Необходимость установки стержневых молниеприемников на выступающих над кровлей конструктивных элементах дома.
2. Необходимость установки изолирующих прокладок по коньку кровли через 1 м.
3. Ограниченный защитный угол молниеотвода.

3.7. Допустимое расстояние между молниеотводами и защищаемыми зданиями

Само собой разумеется, что защищаемый дом (хозпостройка) должен полностью располагаться в зоне защиты молниеотвода. Однако он должен располагаться на определенном расстоянии от молниеотвода. Если это расстояние меньше допустимого, то при разрядах молнии могут происходить перекрытия (разряды) с элементов молниеотвода (несущей конструкции, токоотвода) на защищаемый дом.



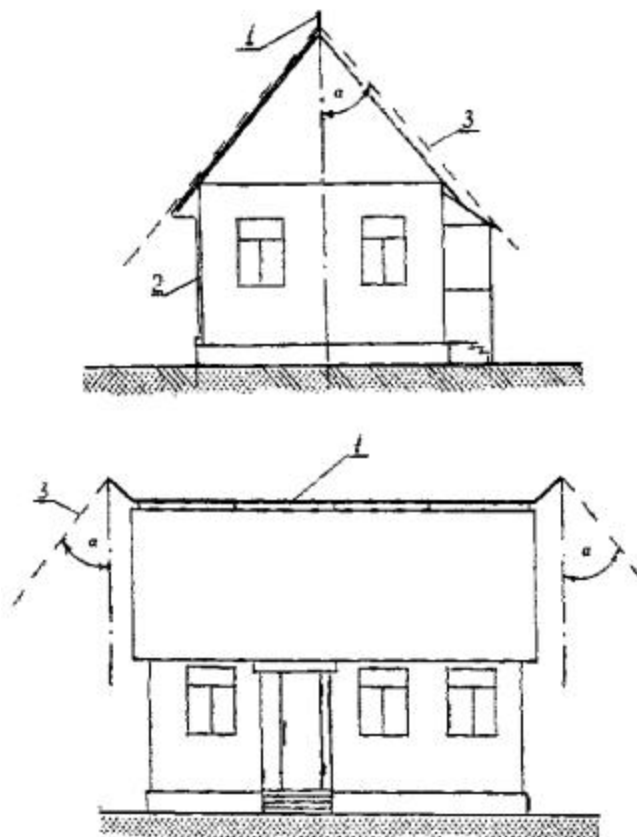


Рисунок 31 А. Пример устройства молниезащиты дома с помощью струнного молниеотвода

1 - струнный молниеприемник; 2 - токоотвод; 3 - защитная зона; 4 - защитный угол.

Молниезащитное устройство дома, включающее в себя молниеприемник, токоотвод и заземлитель, имеют электрическое сопротивление (активное и индуктивное). Наибольшей частью активного сопротивления обладает заземлитель, с которого ток молнии стекает в землю, т.е. переходное сопротивление между заземлителем и грунтом. Токоотвод представляет собой индуктивность, величина которой зависит от его длины.

Ток молнии, проходя по элементам молниеотвода в землю создает падение напряжения на сопротивлении заземления и индуктивности токоотвода. Падение напряжения U_R на сопротивлении заземления R_I (см. ниже) равно:

$$U_R = IMR_I, \quad (13)$$



где I_M - ток молнии.

Падение напряжения на индуктивности токоотвода L

$$U_L = aL, \quad (14)$$

где a - средняя скорость (крутизна) нарастания тока молнии.

Максимальный потенциал в точке токоотвода, расположенной на расстоянии L от заземлителя (рис. 32), при разряде молнии в молниеотвод составляет:

$$U_l = I_MR_{II} + aL. \quad (15)$$

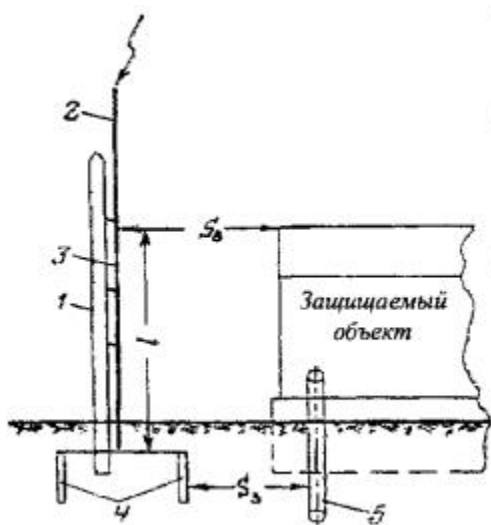


Рисунок 32. К определению допустимого расстояния между молниеотводом и защищаемым сооружением:

1 - деревянная стойка молниеотвода; 2 - молниеприемник; 3 - токоотвод, укрепленный на стойке; 4 - заземлитель; 5 - подземные коммуникации.

Для расчета потенциала молниеотвода принимается амплитуда тока молнии $I_M = 150$ кА и средняя крутизна его фронта $a = 30$ кА/мкс. Индуктивность токоотвода L можно выразить через произведение удельной индуктивности L_0 (индуктивности единицы длины) на его длину l .

$$L = L_0 l. \quad (16)$$



Как для металлических молниеотводов решетчатой конструкции, так и для отдельно проложенных токоотводов $L_0 \approx 1,7 \text{ мкГ/м}$. Таким образом, для расчетных условий максимальный потенциал, кВ:

$$U_l = 150RI + 30 \cdot 1,7 \cdot l \quad (17)$$

Амплитуда напряжения на молниеотводах оказывается весьма высокой; например, при $RI = 10 \text{ Ом}$ на расстоянии $l = 10 \text{ м}$ от заземлителя получим:

$$U_l = 150 \cdot 10 + 30 \cdot 1,7 \cdot 10 = 2000 \text{ кВ.}$$

Потенциал заземлителя при этом будет равняться:

$$U_3 = IMRI = 150 \cdot 10 = 1500 \text{ кВ.}$$

Очевидно, чтобы не было перекрытия с молниеотвода на защищаемый объект, прочность изоляции между ними должна быть выше величины напряжения на молниеотводе.

В том случае, когда объект и молниеотвод разделены воздушным промежутком длиной S_B , необходимо выполнить условие:

$$S_B \geq U_l/E, \quad (18)$$

где E - допустимая средняя напряженность электрического поля в воздухе, при которой невозможен пробой промежутка между молниеотводом и объектом; она равна 500 кВ/м .

Если в (18) подставить значение E и U_l , из (17), то длина воздушного промежутка, м будет:

$$S_B \geq \frac{150R_{\text{н}} + 50l}{500} = 0,3R_{\text{н}} + 0,1l. \quad (19)$$

Чтобы исключить возможность перекрытия в земле с заземлителя на входящие в здание металлические коммуникации электрический кабель и др., нужно выдержать между ними расстояние, м равное:



$$S_3 \geq \frac{I_M R_M}{E_1} = \frac{150 R_M}{300} = 0,5 R_M. \quad (20)$$

$E_1 = 300$ кВ/м - допустимая средняя напряженность электрического поля в земле.

Таким образом, допускаемое расстояние в точках сближения молниеотвода и объекта зависит от сопротивления заземления молниеотвода и высоты над землей точки сближения. Если известны S_B , S_3 и l , то по формулам (19) и (20) легко найти величину сопротивления заземления, обеспечивающую безопасность сближения.

Аналогичное положение возникает в случае разряда молнии в молниеотвод, расположенный на здании. В этом случае между молниезащитным устройством и заземленными объектами внутри здания (электропроводкой, трубопроводами различного назначения, металлическими элементами дома) также должно быть обеспечено необходимое расстояние, иначе между ними произойдет пробой, который может вызвать местное повреждение дома и может оказаться опасным также и для людей, находящихся в этот момент в доме. Расчет необходимого расстояния в месте сближения в случае одного токоотвода может производиться по формуле (19), однако если часть промежутка S_B занимает кирпичная (или из какого-либо другого непроводящего материала) стена, то ее следует учитывать утроенной толщиной.

Если здание имеет n токоотводов, то допустимое расстояние в точке сближения с одним из токоотводов определяется по формуле:

$$S_B \geq 0,3 R_{\text{И}} + 0,1 l / n. \quad (21)$$

Если в качестве токоотвода используется стальной каркас здания или разветвленная водопроводная сеть, то второй член в (21) очень мал и практически не оказывает влияния на величину S_B . Основную роль играет величина сопротивления заземлителя.

Заметим также, что если токоотвод имеет петлю длиной l (рис. 9), то падение напряжения на этой петле $U_i = a L_0 l = 30'1,7l = 50l$.



Чтобы не было пробоя между точками 1 и 2, необходимо выполнить условие

$$S_B \geq \frac{50I}{E} = \frac{50I}{500} = 0,1. \quad (22)$$

В случае, если ни конструктивно, ни снижением величины сопротивления заземления не удастся обеспечить требуемую электрическую прочность между токоотводом и заземленными частями внутри здания, необходимо последние присоединить вблизи мест сближения с молниезащитным устройством (токоотводом), а в нижней части - с заземлителем.

Электропроводка при этом должна быть проложена в металлических трубах, которые также внизу присоединяются к заземлителю, а в местах сближения и к молниезащитному устройству. Электрическая емкость между трубой и лежащей внутри нее электропроводкой достаточно велика, а, как известно, емкостное сопротивление обратно пропорционально величине емкости и частоте тока. Поэтому при прохождении тока молнии, эквивалентного току весьма высокой частоты, емкостное сопротивление между проводкой и трубой ничтожно, и, таким образом, оказывается, что проводка и труба практически имеют между собой электрическое соединение. Этот эффект спасает изоляцию электропроводки от пробоев.

ГЛАВА 4. ЗАЗЕМЛЕНИЕ МОЛНИЕОТВОДОВ

4.1. Общие положения

Величина сопротивления заземлителя молниеотводов, если вблизи них во время грозы могут находиться люди, не должна превышать 10 Ом. Если же во время грозы вблизи молниезащитного устройства пребывание людей невозможно, то величина сопротивления заземлителя может быть не более 40 Ом*.



* Такое сопротивление допускается только для изолированных систем молниезащиты, особенно при использовании искусственных заземлителей молниеотводов, устанавливаемых на естественных несущих конструкциях (деревья, башни, трубы и т.п.), удаленных от домов на расстояние не менее 10 м.

Заземление молниеотводов выполняется с помощью забитых в землю вертикальных стальных стержней, уголков или труб, которые объединяются стальной полосой или прутком.

Сопротивление одного вертикально забитого заземляющего электрода R может быть рассчитано по формуле, Ом:

$$R = 0,37 \frac{\rho}{l} \lg \frac{4l}{d}, \quad (23)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом · м; l - длина электрода, м; d - внешний диаметр для стержней и труб (или ширина полки уголка), м.

Применяются также заземлители, выполненные из стали круглого сечения или из полосовой стали, которые закладываются горизонтально на глубине 0,5 - 0,7 м. Сопротивление горизонтального заземлителя в виде луча рассчитывается по формуле, Ом:

$$R = 0,37 \frac{\rho}{l} \lg \frac{l^2}{td}, \quad (24)$$

где l - длина электрода, м; t - глубина заложения, м; d - диаметр проводника круглого сечения или половина ширины стальной полосы, м.

Сопротивление горизонтального заземлителя в виде кольца диаметром D из круглой стали диаметром d (или полосы шириной $2d$), уложенного на глубине t ($t < D/2$), равно, Ом:



$$R = 0,37 \frac{\rho}{l} \lg \frac{4\pi D^2}{td}. \quad (25)$$

В глинистой или черноземной почве ($\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$) вертикальный стержень длиной 2,5 - 3 м имеет сопротивление приблизительно 30 Ом, а горизонтальная полоса длиной 5 м, уложенная на глубине 0,5 - 0,7 м, - приблизительно 25 Ом. Примерные сопротивления заземления, получаемые в разных грунтах с помощью одиночных электродов, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Примерные сопротивления одиночных заземляющих электродов в разных грунтах

Грунт	Удельное сопротивление грунта ρ , Ом · м	Сопротивление, Ом	
		стержня длиной 2,5 - 3 м	полосы длиной 5 м
Глина, чернозем	100	30	25
Смешанный грунт (глина, известняк, щебень)	150	45	40
Суглинок	200	60	50
Супесок	500	150	125
Песок	1000	300	250



Мергель, известняк	1500	450	375
Скалы	3000	900	750

Сопротивления будут иметь приведенные выше значения при стекании с электродов небольших по величине токов. При токах молнии плотность стекающего с электрода тока велика, поэтому в земле вблизи поверхности электрода создаются очень высокие напряженности электрического поля, превосходящие по величине пробивные напряженности для земли. Другими словами, в земле вблизи поверхности электрода ток молнии создает очень большое падение напряжения. Под действием этого падения напряжения вблизи электрода происходит пробой почвы, образуется зона искрения, как бы увеличивающая поперечные размеры электрода. Сопротивление электрода уменьшается. Этот эффект, возникающий при растекании тока молнии, учитывается так называемым импульсным коэффициентом α_I , который определяется экспериментально. Для вертикальных электродов и полос небольшой длины (до 10 м) $\alpha_I < 1$. Сопротивление электрода R_I при стекании с него тока молнии определяется как

$$R_I = \alpha_I R \quad (26)$$

и носит название импульсного сопротивления заземления. Эту величину мы использовали при определении допустимых расстояний между молниеотводом и защищаемым объектом.

Коэффициент α_I зависит от рода грунта и от величины тока, проходящего через один электрод заземлителя. Значения α_I приведены в табл. 3.

Если заземление выполняется несколькими стержнями или полосами, то сопротивление его при прохождении тока молнии будет иметь величину, Ом:

$$R_M = \frac{\alpha_M R}{\eta_M^2}, \quad (27)$$



где n - число электродов; η_I - импульсный коэффициент использования.

Таблица 3

Значения импульсного коэффициента

Заземлитель	Грунт			
	Глина, чернозем	Суглинок	Супесок	Песок
Вертикальные стержни, шт.:				
2 - 4	0,5	0,45	0,3	-
8	0,7	0,55	0,4	0,3
Две горизонтальные полосы длиной по 5 м, расходящиеся в противоположные стороны от точки присоединения токоотвода	0,65	0,55	0,45	0,4
Три полосы длиной по 5 м, симметрично расходящиеся от точки присоединения токоотвода (под углом 120°)	0,7	0,6	0,5	0,45

Коэффициент η_I учитывает ухудшение условий стекания тока с заземлителя, состоящего из нескольких близко расположенных электродов, вследствие взаимного экранирования последних. Растекание тока с каждого из электродов в сторону соседних



затруднено (рис. 33), поскольку все электроды имеют одинаковый потенциал и напряженности поля в этом направлении оказываются существенно сниженными. В результате как бы уменьшается поверхность электродов, участвующая в отводе тока в землю, ухудшается их использование, и следовательно, увеличивается сопротивление заземления ($\eta_I < 1$).

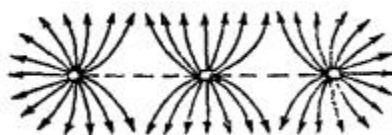


Рисунок 33. Распределение линий тока параллельно включенных заземляющих электродов

Коэффициент η_I зависит от длины электродов, расстояния между ними и их геометрического расположения. Значение η_I для заземлителей:

Из вертикальных стержней, объединенных полосой (расстояние между стержнями вдвое больше их длины).....
0,75

Из двух горизонтальных полос, расходящихся в противоположные стороны от токоотвода.....
.....1

Из трех горизонтальных симметрично расходящихся от токоотвода полос.....
.....0,75

Отношение $\alpha_I/\eta_I < 1$ практически во всех случаях, поэтому сопротивление заземления, выполненного из нескольких электродов, можно приближенно определять как

$$R_{З.И.} \approx R/n. \quad (28)$$

При этом действительная величина $R_{З.И.}$ будет меньше рассчитанной. Расчет по формуле (28) дает удовлетворительный результат при $\rho = 100 - 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, для грунтов с плохой проводимостью ($\rho > 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$) ошибка может быть значительной.

Таблица 4



**Связь импульсного сопротивления с сопротивлением
заземления переменному току**

$R_{И}, \text{ Ом}$	$R_{З.}, \text{ Ом}$		
	Глина, чернозем	Супесок	Песок
5	5	7,5	10
10	10	15	20
20	20	30	40
30	30	45	60
40	40	60	80

Импульсное сопротивление заземления не может быть измерено. После монтажа заземлителя его сопротивление измеряется только на переменном токе. Для этой цели служат измерители заземления типа МС-07 и МС-08 и мегаомметры ЭСО 202-2, ЭК 4304 и т.п.

Зная требуемую расчетную величину импульсного сопротивления $R_{И}$ можно определить предельно допустимую величину сопротивления заземления $R_{З.}$, измеренного на переменном токе для разных грунтов (табл. 4), и, наоборот, по величине $R_{З.}$ можно найти величину соответствующего $R_{И}$.

Поперечное сечение заземляющих электродов должно быть не меньше 50 мм^2 , при этом толщина полос, стенок труб или профильной стали должна быть не меньше 4 мм. В целях защиты от коррозии желательно применение оцинкованной стали. Покраска или покрытие битумом заземляющих электродов не допускается.

Верхний слой земли в летнее время сильно высыхает, что увеличивает сопротивление заземлителя, поэтому не только полосы должны закладываться на глубину не менее 0,5 м, но и



стержни рекомендуется забивать так, чтобы их верхний край находился на расстоянии около 0,5 м от поверхности земли.

Отдельные электроды стержневого заземлителя объединяются общей стальной полосой сечением не менее 48 мм или стальным проводником круглого сечения диаметром не менее 10 мм. Соединение электродов с объединяющей полосой, а также присоединение к заземляющему устройству токоотводов предпочтительнее при помощи сварки. Можно также применять болты, но не менее двух в каждом месте соединения, при этом все элементы заземлителя и соединяющие их болты должны иметь антикоррозионное покрытие.

К заземляющему устройству следует присоединить проходящие поблизости от него металлические трубопроводы, если они есть (водяные, отопительные, канализационные), и если они не предназначены для горючих газов и жидкостей и не имеют антикоррозионных покрытий. Подземные трубопроводы из-за их большой протяженности могут обладать очень низким сопротивлением заземления, что следует использовать для уменьшения сопротивления заземления. Подземные трубопроводы (особенно водопровод), естественно, во многих случаях могут быть использованы в качестве единственного заземляющего устройства.

Помимо трубопроводов в качестве заземлителей могут быть использованы также обсадные трубы артезианских колодцев и скважин, металлические ограды и т.п. Сопротивление такого рода заземлителей во многих случаях настолько мало ($R_3 < 2 \text{ Ом}$), что они могут также использоваться в качестве единственного (общего) заземляющего устройства. Создание искусственных заземляющих устройств из стержней или полос, имеющих такую величину сопротивления, затруднительно.

При прохождении тока молнии как на самом заземлителе, так и на окружающих заземлитель участках поверхности земли появляются электрические потенциалы. Наиболее высокий потенциал $U_3 = I_M R_3$ возникает непосредственно на заземлителе. По мере удаления от заземлителя потенциал на поверхности земли уменьшается (рис. 34). Вблизи заземлителя потенциал уменьшается очень резко, затем изменение потенциала замедляется.



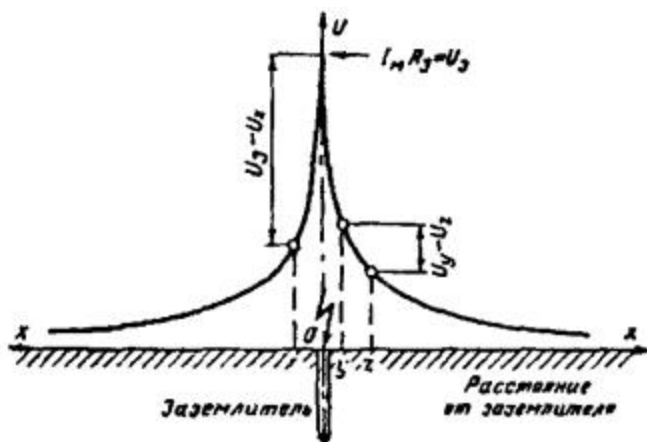


Рисунок 34. Изменение потенциала вблизи заземлителя при прохождении через него тока молнии

Резкое падение потенциала вблизи заземлителя опасно для людей, оказавшихся поблизости от него во время разряда молнии. Если человек стоит на некотором расстоянии x от заземлителя и касается токоотвода, то он оказывается под разностью потенциалов ($U_3 - U_x$), называемой напряжением прикосновения. Человек подвергается опасности, если даже он и не касается токоотвода, но ноги его находятся на разных расстояниях y и z от заземлителя (во время ходьбы). В этом случае ноги человека попадают под разность потенциалов ($U_y - U_z$), которая называется шаговым напряжением.

Напряжение прикосновения и шаговое напряжение зависят от величины сопротивления заземления и могут быть снижены до безопасных величин только при очень малом сопротивлении заземления, которое трудно выполнить. Поэтому не рекомендуется пребывание людей во время грозы в непосредственной близости (до 5 м) от заземлителя, в частности, как это уже отмечалось, не следует укрываться под отдельно стоящими высокими деревьями. В целях безопасности людей заземлители должны располагаться возможно дальше (на расстоянии больше 5 м) от проезжих дорог и тротуаров или же ограждаться. Токоотводы и заземлители должны быть удалены от входа в дом.

Уменьшение напряжений прикосновения и шагового может быть достигнуто с помощью применения специальных типов заземлителей - так называемых заземляющих контуров. Заземляющий контур состоит из забитых в землю стержней, соединенных полосой, или же только из полос, которые располагаются по контуру защищаемого дома, образуя



многоугольник. Если расстояние между противоположными сторонами контура заземления велико, то внутри контура дополнительно помещаются на расстоянии порядка 2 м друг от друга полосы выравнивания потенциала, которые электрически соединяются с контуром. Примерное распределение потенциалов по поверхности земли внутри контура без полос, выравнивающих потенциал, представлено на рис. 35 кривой А. Кривая Б дает распределение потенциалов при применении полос, выравнивающих потенциал. В последнем случае внутри контура шаговое напряжение и напряжение прикосновения существенно снижаются.

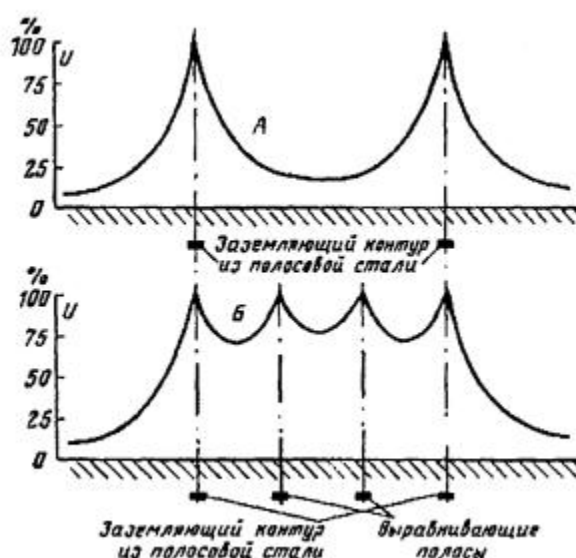


Рисунок 35. Распределение потенциалов на поверхности земли при стекании с заземляющего контура тока молнии

Для уменьшения шагового напряжения с внешней стороны контура применяется укладка на постепенно увеличивающейся глубине дополнительных полос, которые соединяются с контуром заземления. Благодаря этим полосам уменьшение потенциала земли в направлении от контура идет более полого (рис. 36) и шаговое напряжение снижается, однако зона высоких потенциалов земли при этом увеличивается.

Выравнивающими распределение потенциалов свойствами обладает также кольцевой заземлитель, особенно если он состоит из двух колец разного диаметра, расположенных на различной глубине (рис. 37). Импульсное сопротивление такого заземлителя

с диаметром большого кольца 5 м в глинистых или черноземных грунтах составляет примерно 5 Ом, в супесчаных грунтах - 15 Ом.

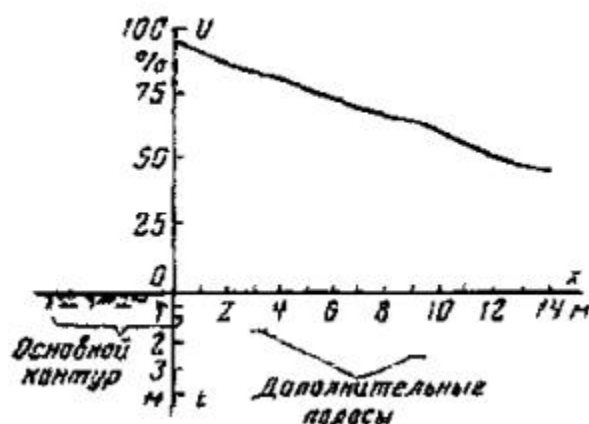


Рисунок 36. Снижение шагового напряжения за пределами контура заземления

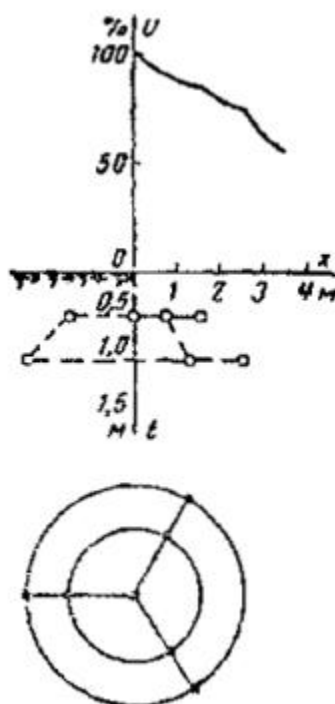


Рисунок 37. Распределение потенциалов по радиусу кольцевого заземлителя

4.2. Расчет сопротивления заземляющего устройства молниеотвода

Для заземления молниеотводов часто требуется заземлитель с импульсным сопротивлением не более 10 Ом. Такой заземлитель может быть выполнен из двух стержней, объединенных полосой или круглой сталью (см. рис. 38).

Для стержней (электродов) может быть взята сталь круглая диаметром не менее 12 мм, стальная труба диаметром 60 мм или уголок с полкой 40 - 50 мм. Электроды длиной 2,5 м забиваются в землю на глубину не меньше 0,5 - 0,6 м от поверхности земли с расстоянием между ними не меньше 5 м. Между собой электроды соединяются стальной полосой 40 мм или круглой сталью диаметром не менее 10 мм.

Токоотвод присоединяется к середине заземлителя.

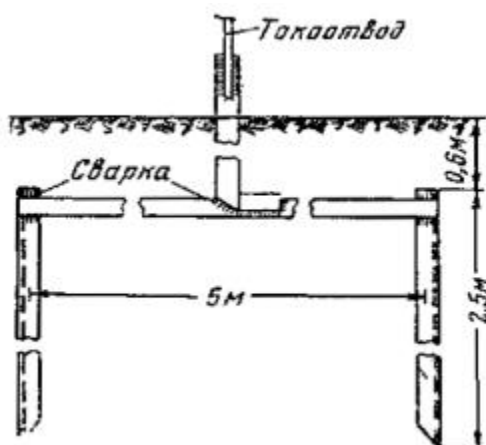


Рисунок 38. Заземлитель из двух стержней, объединенных полосой

Рассчитаем приближенно [формула (28)] сопротивление такого заземлителя, если грунт имеет удельное сопротивление $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. По табл. 2 сопротивление одного стержня составляет 30 Ом, значит сопротивление двух параллельно соединенных стержней будет равно 15 Ом. Объединяющая полоса длиной 5 м имеет сопротивление 25 Ом. Сложим сопротивление стержней и параллельно им включенное сопротивление полосы и получим, таким образом, величину сопротивления заземления:



$$R_{з.н.} = \frac{15 \cdot 25}{15 + 25} = 9,4 \text{ Ом.}$$

Сделаем более точный расчет того же заземлителя. Сопротивление одного стержня при переменном токе по формуле (23)

$$R_c = 0,37 \frac{100}{2,5} \lg \frac{4 \cdot 2,5}{0,05} = 34 \text{ Ом.}$$

Для двух стержней импульсный коэффициент α_I по табл. 3 составляет 0,55, а коэффициент использования η_I равен 0,75 (см. выше). Импульсное сопротивление двух стержней находим из формулы (27).

$$R_{с.н.} = \frac{0,55 \cdot 34}{(0,75 \cdot 2)} = 12,5 \text{ Ом.}$$

Сопротивление полосы длиной 5 м при переменном токе составляет [формула (24)]:

$$R_{л.} = 0,37 \frac{100}{5} \lg \frac{5^2}{0,6 \cdot 0,02} = 24,6 \text{ Ом.}$$

Примем по табл. 3 $\alpha_I = 0,65$ (как и для полосы длиной 10 м). Коэффициент использования полосы в системе со стержневыми электродами η_I равен 0,75. Импульсное сопротивление полосы равно:



$$R_{л.л.} = \frac{0,65 \cdot 24,6}{(0,75 \cdot 1)} = 21,3 \text{ Ом.}$$

Импульсное сопротивление заземлителя, таким образом, равно:

$$R_{з.л.} = \frac{12,5 \cdot 21,3}{12,5 + 21,3} = 8 \text{ Ом.}$$

Как видим, результат сравнительно мало отличается от величины сопротивления, полученной с помощью приближенного расчета.

Заземлитель, имеющий импульсное сопротивление не более 10 Ом, может быть выполнен без стержневых электродов только с помощью полос. Как было определено выше, сопротивление на переменном токе полосы, уложенной на глубине 0,6 м в грунт с $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, равно 24,6 Ом. Для двух полос по табл. 3аИ = 0,65, а $\eta_{И} = 1$ (см. выше). Таким образом, импульсное сопротивление заземлителя из двух полос, расходящихся в противоположные стороны от точки присоединения токоотвода, составляет:

$$R_{з.л.} = \frac{0,65 \cdot 24,6}{(1 \times 2)} = 8 \text{ Ом.}$$

Пример: Для заземления молниезащитного устройства требуются заземлители с импульсным сопротивлением 20 Ом. Рассчитаем заземлитель для грунта с $\rho = 500 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (супесок). Сопротивление одной трубы длиной 3 м и диаметром 6 см в таком грунте при переменном токе (23) составляет:



$$R_r = 0,37 \frac{500}{3} \lg \frac{4 \times 3}{0,6} = 142 \text{ Ом.}$$

Если использовать три трубы, то определив, как и раньше, $\alpha_I = 0,3$ и $\eta_I = 0,75$, находим импульсное сопротивление заземлителя из трех труб

$$R_{з.л.} = \frac{0,3 \times 142}{(0,75 \times 3)} = 19 \text{ Ом.}$$

Если учесть соединительные полосы, то сопротивление будет еще более низким.

Легко убедиться, что приближенный расчет по данным табл. 2 и формуле (28) в этом случае дал бы значительную ошибку. Как уже указывалось, пользоваться приближенным методом расчета можно только при низком удельном сопротивлении грунта (до 500 Ом · м).

ГЛАВА 5. ОЦЕНОЧНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ И ЗОНЫ ЗАЩИТЫ СТЕРЖНЕВЫХ МОЛНИЕОТВОДОВ

Как было сказано ранее задача, которую ставит перед собой автор книжки, заключается в том, чтобы читатель, желающий понять смысл и принципы организации молниезащиты дома, мог четко уяснить себе, что представляет собой эта задача и простейшим способом предварительно определить, как может выглядеть конструкция его молниезащитного сооружения.

Не вдаваясь в сложные расчеты зоны защиты, возможной частоты прямого поражения дома молнией, определить приблизительно способ защиты, потребоющий минимальных



затрат и обеспечивающий надежную защиту от прямого поражения молнией.

Для этого существуют проверенные временем различные номограммы для графического определения основных параметров защитного сооружения (молниеотвода), выбираемых с помощью этих номограмм в соответствии с физическими параметрами защищаемого дома.

Если, к примеру, рядом с домом растет высокое дерево, то прежде чем пытаться возводить отдельно стоящий или установленный на доме молниеотвод, убедитесь с помощью номограммы, не сможет ли дерево, растущее рядом, выполнить функцию несущей конструкции молниеотвода. И если высота обеспечивает необходимый радиус защиты наиболее удаленной и высокой части защищаемого дома - смело используйте это дерево, оснастив его молниеприемником, токоотводом и заземлителем в соответствии с рекомендациями, приведенными в настоящей книжке. При этом, все-таки, окончательное решение пусть примет специалист, т.к. только он сможет учесть все особенности выбранного вами типа молниезащитного устройства.

Только специалист сможет провести расчеты с учетом всех особенностей. Например, Вы определили по номограмме, что высота дерева обеспечивает необходимый радиус защиты. Но во время грозы, как правило, порывы ветра достигают высоких скоростей и верхушка дерева с установленным на ней молниеприемником, может значительно отклоняться в противоположную сторону и «увести» за собой защитную зону настолько, что часть дома окажется вне зоны защиты и может быть пораженной молнией. Кроме того, в стандартах МЭК и ряда Европейских стран, в отличие от действующих в нашей стране нормативов по молниезащите, существуют жесткие требования к размерам защитной зоны молниеотвода в зависимости от его высоты.

Поэтому, разобравшись в элементарных принципах молниезащиты Вы сможете с помощью специалиста-проектировщика, имеющего лицензию на право выполнения проектных работ, окончательно выбрать самый эффективный по надежности и затратам способ молниезащиты вашего дома с учетом архитектурных особенностей, ландшафтных, эстетических и др. требований. Это ваш дом. Он должен быть надежным и безопасным, красивым и удобным, радующим глаз. Если же вы решили выполнить молниезащиту дома после завершения его



строительства и вас не устраивает сооружение дорогостоящего отдельно стоящего, уродующего ландшафт молниеотвода и вы решились установить молниеотвод на доме, то в этом случае предстоит решить много дополнительных задач, вытекающих из требований безопасности при протекании тока молнии во время разряда; локализации токоотводов от строительных конструкций, горючих поверхностей; шагового напряжения и т.п.

Графическое построение зон защиты молниеотводов несложно, но требует некоторых пояснений. Для быстрого и простого определения наименьшей высоты одиночного и двойного стержневых молниеотводов можно пользоваться номограммами (рис. 22, 24, 26). По этим номограммам высота молниеотвода для любого дома несложной конфигурации может быть определена без графического построения зоны защиты. Исходными данными для пользования номограммами являются основные размеры дома (h_x , r_x , r_a) и расстояния между молниеотводами (L).

В номограммах приняты буквенные обозначения:

h - искомая высота одиночного стержневого молниеотвода;

h_x - высота наиболее возвышающихся частей дома от уровня земли;

r_x - расстояние от молниеотвода до наиболее удаленных частей на высоте h_x ;

h_0 - наименьшая высота зоны защиты между молниеотводами при защите двумя молниеотводами;

r_{cx} - половина ширины дома при симметричном расположении его относительно прямой линии, соединяющей молниеотводы, или расстояние от этой прямой до наиболее удаленной точки здания, в середине между молниеотводами равной высоты;

L - расстояние между молниеотводами.

Примечание. Величины h_0 , r_{cx} , L необходимы для определения высоты двойного стержневого молниеотвода.



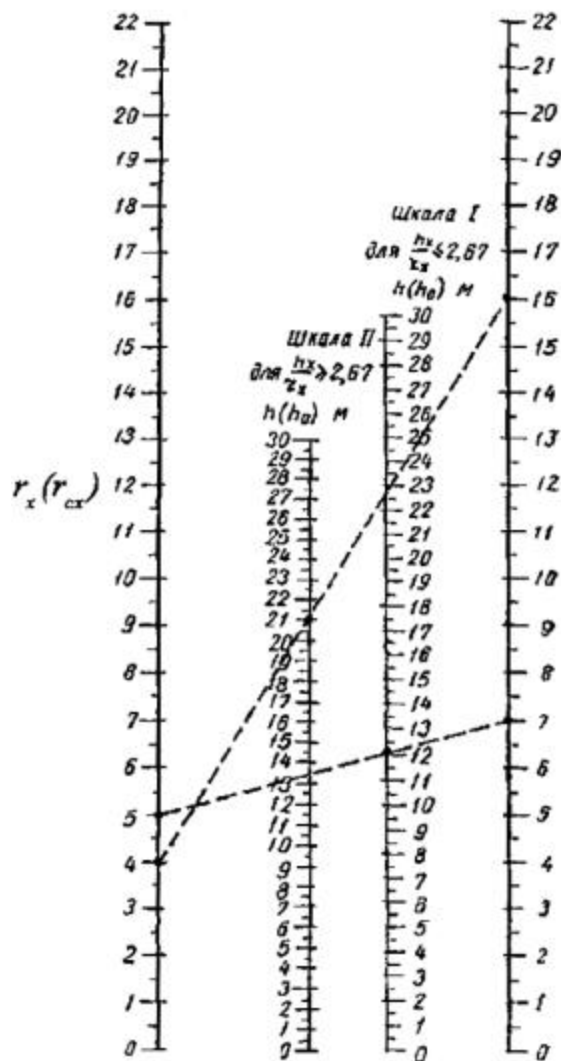


Рисунок 39. Номограмма для определения высоты одиночного стержневого молниеотвода

На рис. 39 приведена номограмма для определения высоты h одиночного стержневого молниеотвода. Она состоит из четырех шкал: левой с величинами r_x (r_{ox}); правой с величинами h_x ; двух средних шкал (I и II) с величинами h (h_0).

Способ пользования номограммой следующий. На левой и правой шкалах соответственно отмечаем величины r_x и h_x . Накладывая линейку на эти отметки (точки), проводим линию. Линия пересекает в некоторых точках I и II шкалы, на которых нанесены высоты молниеотводов в метрах. Значение искомой высоты молниеотвода должно быть взято только по одной из шкал.



Какое же из двух полученных значений h следует принять? Чтобы решить это, делим величину h_x на r_x , (r_{cx}). Если полученное отношение меньше 2,67, то нужно брать величину h по шкале I. Если же полученное отношение больше 2,67, то величина h определяется по шкале II.

Пример 1. Дано: $h_x = 7$ м, $r_x = 5$ м, тогда

$$\frac{h_x}{r_x} = \frac{7}{5} = 1,4.$$

Следовательно, в этом случае величина h определяется по I шкале. По номограмме (см. рис. [39](#)) величинам h_x и r_x соответствует величина h , равная 12 м.

Пример 2. Дано: $h_x = 16$ м, $r_x = 4$ м, тогда

$$\frac{h_x}{r_x} = \frac{16}{4} = 4.$$

Следовательно, величину h нужно определять по шкале II. По номограмме данным величинам h_x и r_x соответствует величина h , равная 21 м.

На рис. [40](#) приведена номограмма для определения высоты двойного стержневого молниеотвода. Она состоит из вертикальной шкалы (слева) с величинами h_0 горизонтальной шкалы (внизу) с величинами L и целого ряда значений величины h , изображенных кривыми линиями.

Определение высоты двойного стержневого молниеотвода производится следующим образом.

По номограмме (см. рис. [39](#)) способом, изложенным выше, для определения высоты одиночного стержневого молниеотвода, определяются точки на шкале I или II, но при этом вместо r_x задается величина r_{cx} .



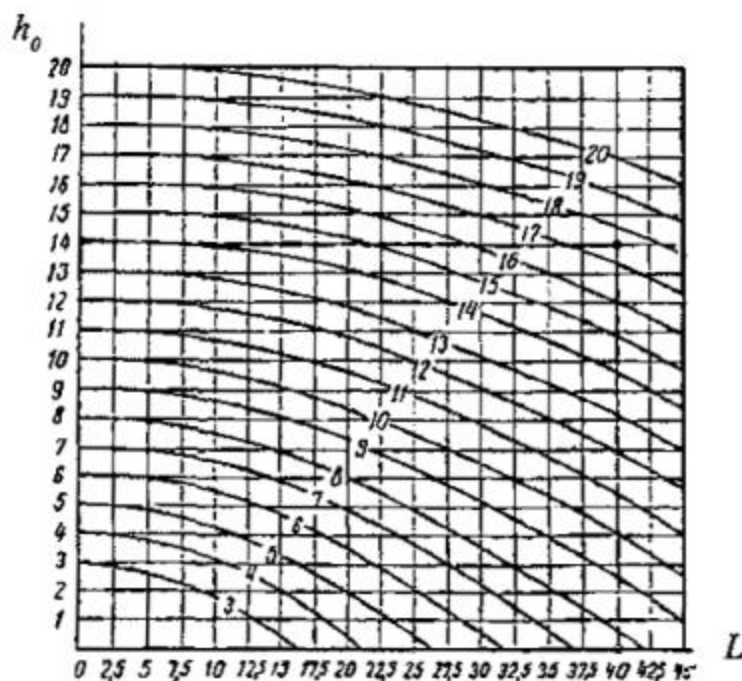


Рисунок 40. Номограмма для определения высоты двойного стержневого молниеотвода

Величины, найденные по шкале I или II, в этом случае дадут не искомую высоту двойного стержневого молниеотвода h , а высоту зоны защиты в середине между молниеотводами h_0 , пользуясь которой, можно по номограмме (см. рис. 40) уже определить искомую высоту h .

Делается это следующим образом. На вертикальной шкале (слева) отмечается найденная величина h_0 , а на горизонтальной - величина L . Через отмеченные точки проводят взаимно перпендикулярные линии, точка пересечения которых укажет кривую линию с обозначенной на ней искомой величиной h .

Если эта точка окажется между кривыми, то за необходимую величину h нужно принять промежуточное или большее ближайшее значение.

Пример 1. Дано: $h_x = 8$ м, $r_{cx} = 6$ м, $L = 40$ м.

Находим h_0 , по номограмме (см. рис. 39). Отношение,



$$\frac{h_x}{r_0} = \frac{8}{6} = 1,33;$$

следовательно, значение h_0 берем по шкале I. Оно составляет 14 м. Далее, пользуясь номограммой (см. рис. 39), при известных $h_0 = 14$ м и $L = 40$ м, находим $h = 17,5$ м.

Пример 2. Дано: $h_x = 12$ м, $r_{cx} = 3$ м, $L = 45$ м. Находим h_0 по номограмме (см. рис. 39). Отношение,

$$\frac{h_x}{r_0} = \frac{12}{3} = 4;$$

следовательно, значение h_0 берем по шкале II. Оно составляет 16 м. Далее, пользуясь номограммой (см. рис. 40), при известных $h_0 = 16$ м и $L = 45$ м, находим $h = 20$ м.

Для проектировщиков молниезащиты индивидуальных жилых домов, коттеджей и подсобных сооружений в целях упрощения выбора высоты одиночного или двойного стержневого молниеотвода можно применить, кроме приведенных номограмм, также графический метод предварительного определения его высоты и места установки.

Особенно удобно этим методом пользоваться в случае выбора защиты для построенного дома.

При этом Вы можете определить высоту как отдельно стоящего, так и установленного на доме молниеотвода.

Для этого необходимо определиться с уровнем (категорией) защиты дома*; защитным углом, соответствующим выбранному уровню защиты и высоте молниеотвода.

* При определении категории защиты дома по желанию его владельца проектировщиком может быть принята любая категория защиты.

После этого в одном масштабе с чертежом дома на кальке необходимо построить номограмму-график, подобно приведенной на рис. 41, в вертикальной и горизонтальной плоскостях.



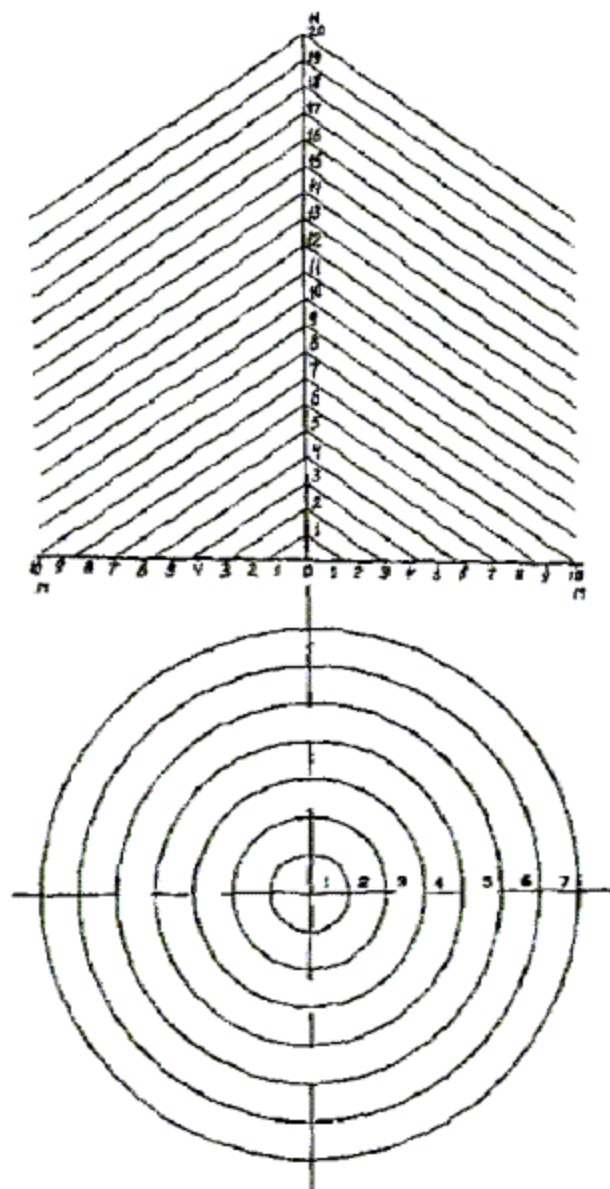


Рисунок 41. Номограмма-график для определения защитных зон молниеотводов

Имея чертеж дома, накладываете на него номограмму и двигая вверх-вниз находите минимальную высоту молниеотвода, в защитную зону которого войдут все защищаемые элементы дома.

Перенося защитные зоны выбранного молниеотвода на различных уровнях h_x защиты элементов дома на план дома, определяете точку места установки молниеотвода.



После этого можете убедиться в правильности выбора по номограммам (рис. 22, 24, 26) и окончательно принять решение с помощью расчета по формулам, приведенным в РД.

При сложной конфигурации защищаемого объекта такой метод предварительного определения высоты и места установки молниеотводов облегчает работу по многократным расчетам радиусов защиты и наименьшей ширины защитной зоны для двух стержневых молниеотводов.

ГЛАВА 6. МОЛНИЕЗАЩИТА ПОДСОБНЫХ ОБЪЕКТОВ

Молниезащита хозпостроек и других зданий на территории домовладения или садового товарищества выполняется подобно защите дома в зависимости от материала, конструкций и места расположения. Как правило, в зависимости от ценности здания, возможности пребывания в нем людей или домашних животных во время грозы, выбирается упрощенный способ защиты с помощью сетчатых или струнных молниеотводов. Способы их выполнения рассмотрены выше.

6.1. Особенности молниезащиты животноводческих построек

При устройстве молниезащиты животноводческих построек необходимо учесть то обстоятельство, что животные (особенно лошади) очень чувствительны к шаговым напряжениям, возникающим при растекании тока разряда от прямого удара в молниеотвод. Опасность шаговых напряжений для животных усугубляется тем, что полы в помещениях для скота в достаточной мере электропроводны. Поэтому, кроме защиты от прямых ударов молнии самих животноводческих строений, нужно обратить особое внимание на защиту животных от шаговых напряжений.

Наилучшим видом защиты животноводческих строений, совмещающим решение обеих задач, является молниезащита с помощью отдельно стоящих молниеотводов, заземлители которых удалены на достаточное расстояние от зданий.



Для животноводческих построек расстояние от заземлителей молниеотводов до сети водопровода и заземлителей электроустановок должно быть не менее 4 м.

Заглубление заземлителей в грунте должно быть не менее 0,5 - 0,7 м, а вблизи животноводческих построек - не менее 1 м.

Минимальное расстояние от стен строения до места установки молниеотвода и заземлителя - 4 - 5 м при сопротивлении растекания заземлителя молниеотвода 10 Ом.

Выбор места установки молниеотводов должен быть произведен с таким расчетом, чтобы зона защиты молниеотводов перекрывала габарит защищаемого здания при минимальной высоте молниеотводов.

Во всех случаях надо стремиться к тому, чтобы молниеотводы и их заземлители не устраивались у мест входов в здания, так как молниеотводы у входов мешают выгону скота, а во время грозового разряда могут явиться причиной гибели животных. Поэтому желательно оградить места установки молниеотводов на расстоянии 3 - 4 м от него.

6.2. Молниезащита стогов

Бывает необходимость в молниезащите нетрадиционных сооружений, представляющих большую материальную ценность. Например, защита стогов сена на лугах. Молния довольно часто поражает подобные объекты в силу ряда причин: возвышение над окружающей местностью; повышенная проводимость почвы; отсутствие других предметов, превалирующих по высоте над открытой местностью.

Способ устройства молниезащиты стога с помощью тросового молниеотвода приведен на рис. 42. При устройстве молниезащиты стога важно удалить от сена молниеприемник и токоотвод. Для этого во время сборки стога по мере его «роста» по торцам закладываются деревянные ригеля, к которым затем крепятся вертикальные несущие стойки с подвешенным к ним тросом.

Сечение ригелей и стоек выбирается с учетом размеров стога и с условием, что тяжение в тросе должно обеспечивать небольшую стрелу провеса. Расстояние в свету между вершиной стога и тросом должно быть не менее 1 м.



Ригели должны выступать за торец стога не менее чем на 1 м для закрепления токоотвода. Расстояние от токоотвода до торца стога также должно быть не менее 1 м в свету.

Заземление токоотвода выполняется с помощью одной или двух труб или уголков (стержней) длиной 2,5 м. При длине стога менее 10 м выполняется один токоотвод.

Люди, случайно оказавшиеся во время грозы рядом, должны уйти от стога (от заземлителя).

В связи с тем, что стог разбирается преимущественно поздней осенью и зимой, когда грозовая деятельность практически отсутствует, молниезащитное устройство демонтируется до нового сезона, собирают стог на этом же месте.

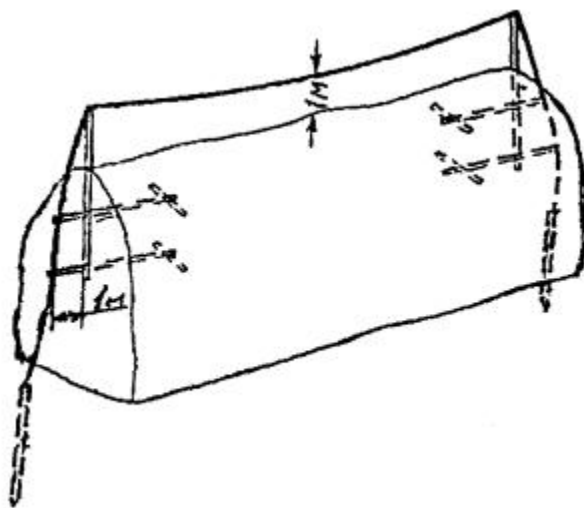


Рисунок 42. Молниезащита стога

6.3. Молниезащита палаток

В последние годы все чаще городские жители в летний период выезжают на природу. Излюбленными местами отдыха являются залесенные берега рек. Как правило, молнии также их охотно посещают. Кроме того, не исключается использование палаточных городков для летнего отдыха детей. Как решается молниезащита в этих условиях?

Для установки молниеотвода следует использовать высокое дерево, удаленное от палатки не менее чем на 10 м. При этом



сопротивление заземления молниеотвода должно быть не более 20 Ом. Для уменьшения шаговых напряжений лучше применять многолучевой или кольцевой заземлитель. Импульсное сопротивление до 20 Ом можно получить в грунтах с $\rho = 100 \dots 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, уложив стальную полосу или катанку по окружности диаметром 3 - 4 м на глубину около 0,6 м. Деревья, расположенные от палатки на расстоянии ближе 10 м, использовать в качестве молниеотвода не следует.

Если в непосредственной близости от палатки имеются высокие деревья, вероятность поражения которых молнией выше, чем низких деревьев, то для предотвращения возможного перехода молнии, поразившей такое дерево, на палатку нужно сделать на нем заземленные токоотводы из проволоки диаметром 6 - 8 мм, проложенные, как это показано на рис. 43, по дереву на высоту 2,5 м. Токоотводы 1 должны быть присоединены к заземлителю 2, имеющему сопротивление не больше 50 Ом. Заземлитель должен быть кольцевым для снижения шаговых напряжений. Кроме того, для этой же цели под палаткой можно сделать металлическую сетку 3 из проволоки диаметром 6 - 8 мм с ячейками порядка 1,5'1,5 м². Сетка прокладывается на глубине 10 - 15 см.

Во время грозы нужно быть особенно осторожным, не прижаться и не находиться вблизи заземляющих устройств.

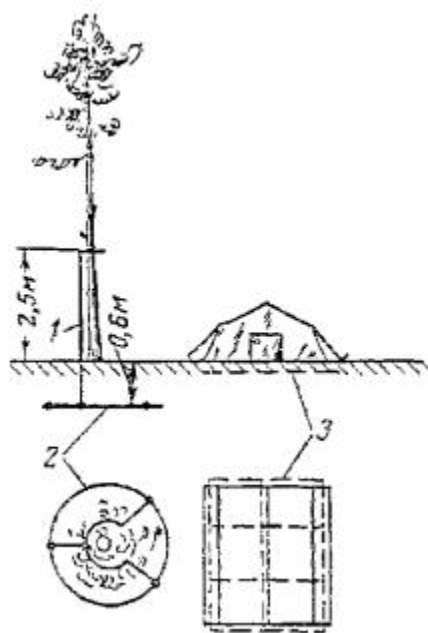


Рисунок 43. Защитные меры для палаток, расположенных вблизи высоких деревьев



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. [РД 34.21.122-87](#) Москва, 1987, Минэнерго СССР.

2. Стандарт МЭК 1024-1 Молниезащита сооружений. Часть 1. Общие положения, 1990.

3. Стандарт МЭК 1024-1-1 Молниезащита сооружений. Часть 1. Общие положения. Раздел 1. Руководство А - выбор уровней (категорий) защиты для систем молниезащиты, 1993.

4. British standard. Code of practice for protection of structures against Lightning BS 6651: 1999, BSI 09-1999, 118 с.

5. Мишкин И.М. Молниезащита сельскохозяйственных объектов. Москва: Колос, 1979, 104 с.

6. Ларионов В.П. Защита жилых домов и производственных сооружений от молнии. Москва: Энергия, 1974, 56 с.

7. Анастасиев П.И., Зеленецкий М.М., Фролов Ю.А. Молниезащита зданий и сооружений. Москва: Энергия, 1966, 144 с.

8. Стекольников И.С., Борисов В.Н., Смирнов И.Г. Грозозащита зданий и сооружений в сельской местности. Москва: Минкомхоз, 1956, 78 с.

9. Ермолаев Н.М., Загоровский Л.В., Мамина Н.М. Пособие по устройству грозозащиты строений в сельской местности. Москва: Минкомхоз РСФСР, 1961, 98 с.

10. Правила устройства электроустановок. [ПУЭ](#) 7-го изд. Глава 1.7. Заземление и защитные меры электробезопасности. Москва: НЦ ЭНАС, 2002.



Приложение I

Извлечение из [РД 34.21.122-87](#)

Министерство энергетики и электрификации СССР

СОГЛАСОВАНА
с Госстроем СССР
письмом от 30.07.87
№ АЧ-3945-8

УТВЕРЖДЕНА
Заместителем начальника
Главтехуправления
Минэнерго СССР
К.М. Антиповым 12.10.87

ИНСТРУКЦИЯ ПО УСТРОЙСТВУ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

[РД 34.21.122-87](#)

Срок действия с 01.07.88 года

Требования настоящей Инструкции обязательны для выполнения всеми министерствами и ведомствами.

Настоящая Инструкция устанавливает необходимый комплекс мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей (сельскохозяйственных животных), предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от взрывов, пожаров и разрушений, возможных при воздействии молнии.

Настоящая Инструкция должна соблюдаться при разработке проектов зданий и сооружений.

Инструкция не распространяется на проектирование и устройство молниезащиты линий электропередачи, электрической части электростанций и подстанций, контактных сетей, радио- и телевизионных антенн, телеграфных, телефонных и радиотрансляционных линий, а также зданий и сооружений, эксплуатация которых связана с применением, производством и хранением порохов и взрывчатых веществ.

Настоящая Инструкция регламентирует мероприятия по молниезащите, выполняемые при строительстве, и не исключает



использования дополнительных средств молниезащиты внутри здания и сооружения при проведении реконструкции или установке дополнительного технологического или электрического оборудования.

При разработке проектов зданий и сооружений помимо требований настоящей Инструкции должны быть учтены требования к выполнению молниезащиты других действующих норм, правил, инструкций и государственных стандартов.

Настоящая Инструкция разработана Государственным научно-исследовательским институтом им. Г.М. Кржижановского Минэнерго СССР.

С введением в действие настоящей Инструкции утрачивает силу «Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений» СН 305-77. (Утратила силу постановлением Госстроя от 17.03.88 № 39).

1. Общие положения

1.1. В соответствии с назначением зданий и сооружений необходимость выполнения молниезащиты и ее категория, а при использовании стержневых и тросовых молниеотводов - тип зоны защиты, определяется по табл. 1, в зависимости от среднегодовой продолжительности гроз в месте нахождения Здания или сооружения, а также от ожидаемого количества поражений его молнией в год. Устройство молниезащиты обязательно при одновременном выполнении условий, записанных в столбцах 3 и 4 табл. 1.

Оценка среднегодовой продолжительности гроз и ожидаемого количества поражений молнией зданий или сооружений производится согласно обязательному приложению 2; построение зон защиты различных типов производится согласно обязательному приложению 3.

1.2. Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к I и II категориям, должны быть защищены от прямых ударов молнии, вторичных проявлений молнии и заноса высокого потенциала через наземные (надземные) и подземные металлические коммуникации.

Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от



прямых ударов молнии и заноса высокого потенциала через наземные (надземные) металлические коммуникации.

Наружные установки, отнесенные по устройству молниезащиты к II категории, должны быть защищены от прямых ударов и вторичных проявлений молнии.

Наружные установки, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии.

Внутри зданий большой площади (шириной более 100 м) должны быть выполнены мероприятия по выравниванию потенциала.

1.3. Для зданий и сооружений, совмещающих в себе помещения, требующие устройства молниезащиты I и II или I и III категории, молниезащиту всего здания или сооружения следует выполнять по I категории.

Если площадь помещений I категории молниезащиты составляет менее 30 % площади всех помещений здания, молниезащиту всего здания допускается выполнять по II категории независимо от категории остальных помещений. При этом на вводе в помещения I категории должна быть предусмотрена защита от заноса высокого потенциала по подземным и наземным (надземным) коммуникациям, выполняемая согласно пп. 2.8 и 2.9.

Таблица 1

№ пп	Здания и сооружения	Местоположение	Тип зоны защиты при использовании стержневых и тросовых молниеотводов	Категория молниезащиты
1	2	3	4	5
1	Здания и сооружения или их части, помещения	На всей территории СССР	Зона А	I



	которых согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) относятся к зонам классов В-I и В-II			
2	Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов В-Ia, В-Iб, В-IIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 часов в год и более	При ожидаемом количестве поражений молнией в год здания или сооружения $N > 1$ - зона А; при $N \leq 1$ - зона Б	II
3	Наружные установки, создающие согласно ПУЭ зону класса В-Iг	На всей территории СССР	Зона Б	II
4	Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов П-I, П-II, П-IIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 часов в год и более	Для зданий и сооружений I и II степеней огнестойкости при $0,1 < N \leq 2$ и для III - V степени огнестойкости при $0,02 < N \leq 2$ - зона Б при $N > 2$ - зона А	III



5	Расположенные в сельской местности небольшие строения III-V степени огнестойкости, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов П-I, П-II, П-IIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 часов в год и более, при $N < 0,02$	-	III (п. 2.30)
6	Наружные установки и открытые склады, создающие согласно ПУЭ зону класса П-III	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 часов в год и более	При $0,1 < N \leq 2$ - зона Б При $N > 2$ - зона А	III
7	Здания и сооружения III, IIIa, IIIб, IV, V степеней огнестойкости, в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 часов в год и более	При $0,1 < N \leq 2$ - зона Б При $N > 2$ - зона А	III
8	Здания и сооружения из легких металлических конструкций со сгораемым утеплителем (IVa	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 часов в год и более	При $0,02 < N \leq 2$ - зона Б При $N > 2$ - зона А	III



	степени огнестойкости), в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов			
9	Расположенные в сельской местности небольшие строения III-IV степени огнестойкости, в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 часов в год и более для III, IIIа, IIIб, IV, V степеней огнестойкости - при $N < 0,1$, для IVа степени огнестойкости - при $N < 0,02$	-	III (п. 2.30)
10	Здания вычислительных центров, в том числе расположенные в городской застройке	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 часов в год и более	Зона Б	II
11	Животноводческие и птицеводческие здания и сооружения III-IV степени огнестойкости: для крупного	В местностях со средней продолжительностью гроз 40 часов в год и более	Зона Б	III



	рогатого скота и свиней 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			
12	Дымовые и прочие трубы предприятий и котельных, башни и вышки всех назначений высотой 15 м и более	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 часов в год и более	Зона Б	III (п. 2.31)
13	Жилые и общественные здания, возвышающиеся более чем на 25 м над средней высотой окружающих зданий в радиусе 400 м, а также отдельно стоящие здания высотой более 30 м, удаленные от других зданий более чем на 400 м	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 часов в год и более	Зона Б	III
14	Отдельно стоящие жилые и общественные	То же	Зона Б	III



	здания в сельской местности высотой более 30 м				
15	Общественные здания III - IV степени 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	То же	Зона Б	III	
16	Открытые зрелищные учреждения (зрительные залы открытых кинотеатров, трибуны открытых стадионов и т.д.)	То же	Зона Б	III	



17	Здания и сооружения, являющиеся памятниками истории, архитектуры и культуры	То же	Зона Б	III
----	---	-------	--------	-----

1.4. Для зданий и сооружений, совмещающих в себе помещения, требующие устройства молниезащиты II и III категории, молниезащиту всего здания или сооружения следует выполнять по II категории.

Если площадь помещений II категории молниезащиты составляет менее 30 % площади всех помещений здания, молниезащиту всего здания допускается выполнять по III категории. При этом на вводе в помещения II категории должна быть предусмотрена защита от заноса высокого потенциала по подземным и наземным (надземным) коммуникациям, выполняемая согласно пп. 2.22 и 2.23.

1.5. Для зданий и сооружений, не менее 30 % площади которых приходится на помещения, требующие устройства молниезащиты по I, II или III категории, молниезащита этой части зданий и сооружений должна быть выполнена в соответствии с п. [1.2](#).

Для зданий и сооружений, более 70 % площади которых составляют помещения, не подлежащие молниезащите в соответствии с табл. [1](#), а остальную часть здания составляют помещения I, II или III категории молниезащиты, должна быть предусмотрена только защита от заноса высоких потенциалов по коммуникациям, вводимым в помещения, подлежащие молниезащите:

- по I категории - согласно пп. 2.8, 2.9;

- по II и III категории - путем присоединения коммуникаций к заземляющему устройству электроустановок, соответствующему указаниям п. [1.7](#), либо к арматуре железобетонного фундамента здания (с учетом требований п. [1.8](#)). Такое же присоединение должно быть предусмотрено для внутренних коммуникаций (не вводимых извне).



1.6. В целях защиты зданий и сооружений любой категории от прямых ударов молнии следует максимально использовать в качестве естественных молниеотводов существующие высокие сооружения (дымовые трубы, водонапорные башни, прожекторные мачты, воздушные линии электропередачи и т.п.), а также молниеотводы других близрасположенных сооружений.

Если здание или сооружение частично вписывается в зону защиты естественных молниеотводов или соседних объектов, защита от прямых ударов молнии должна предусматриваться только для остальной, незащищенной его части. Если в ходе эксплуатации здания или сооружения реконструкция или демонтаж соседних объектов приведет к увеличению незащищенной части, соответствующие изменения защиты от прямых ударов молнии должны быть выполнены до начала ближайшего грозового сезона; если демонтаж или реконструкция соседних объектов проводятся в течение грозового сезона, на это время должны быть предусмотрены временные мероприятия, обеспечивающие защиту от прямых ударов молнии незащищенной части здания или сооружения.

1.7. В качестве заземлителей молниезащиты допускается использование всех рекомендуемых [ПУЭ](#) заземлителей электроустановок, за исключением заземлителей нулевых проводов воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ.

1.8. Железобетонные фундаменты зданий, сооружений, наружных установок, опор молниеотводов следует, как правило, использовать в качестве заземлителей молниезащиты при условии обеспечения непрерывной электрической связи по их арматуре и присоединения ее к закладным деталям с помощью сварки.

Битумные и битумно-латексные покрытия не являются препятствием для такого использования фундаментов. В средне- и сильноагрессивных грунтах, где защита железобетона от коррозии выполняется эпоксидными и другими полимерными покрытиями, а также при влажности грунта менее 3 %, использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей не допускается.

Искусственные заземлители следует располагать под асфальтовым покрытием либо в редко посещаемых местах (на газонах, в удалении на 5 м и более от грунтовых проезжих и пешеходных дорог и т.п.).



1.9. Выравнивание потенциала внутри зданий и сооружений шириной более 100 м должно быть выполнено путем создания непрерывной электрической связи между несущими внутрицеховыми конструкциями и железобетонными фундаментами, если последние могут быть использованы в качестве заземлителей согласно п. [1.8](#).

В противном случае должна быть обеспечена прокладка внутри здания в земле на глубине не менее 0,5 м протяженных горизонтальных электродов сечением не менее 100 мм². Электроды должны быть проложены не реже чем через 60 м по ширине здания и присоединены по его торцам с двух сторон к наружному контуру здания.

1.10. На часто посещаемых открытых площадках с повышенной опасностью поражения молнией (вблизи монументов, телебашен и подобных сооружений высотой более 100 м) выравнивание потенциала должно выполняться путем присоединения токоотводов или арматуры сооружения к его железобетонному фундаменту не реже чем через 25 м по периметру основания сооружения.

При невозможности использования железобетонных фундаментов в качестве заземлителей под асфальтовым покрытием площадки на глубине не менее 0,5 м через каждые 25 м должны быть проложены радиально расходящиеся горизонтальные электроды сечением не менее 100 мм², присоединенные к заземлителям защиты сооружения от прямых ударов молнии.

1.11. При возведении в грозовой период высоких зданий и сооружений на них в ходе строительства, начиная с высоты 20 м, должны быть предусмотрены следующие временные мероприятия по молниезащите. На верхней отметке строящегося объекта должны быть закреплены молниеприемники, которые через металлические конструкции или свободно спускающиеся вдоль стен токоотводы должны быть присоединены к заземлителям, соответствующим указаниям пп. [3.7](#) и [3.8](#). В зону защиты типа Б молниеотводов должны входить все наружные площадки, где в ходе строительства могут находиться люди. Соединения элементов молниезащиты могут быть сварными и болтовыми. По мере увеличения высоты строящегося объекта молниеприемники следует переносить выше.



При возведении высоких металлических сооружений их основания в начале строительства должны быть присоединены к заземлителям, соответствующим указаниям пп. [3.7](#) и [3.8](#).

1.12. Устройства и мероприятия по молниезащите, отвечающие требованиям настоящих норм, должны быть заложены в проект и график строительства или реконструкции здания или сооружения таким образом, чтобы выполнение молниезащиты происходило одновременно с выполнением основных строительно-монтажных работ.

1.13. Устройства молниезащиты зданий и сооружений должны быть приняты и введены в эксплуатацию к началу проведения отделочных работ, а при наличии взрывоопасных зон - до начала комплексного опробования технологического оборудования.

При этом должны быть оформлены и переданы заказчику скорректированная при строительстве и монтаже проектная документация по устройству молниезащиты (чертежи и пояснительная записка) и акты приемки устройств молниезащиты, в том числе акты на скрытые работы по присоединению заземлителей к токоотводам и токоотводов к молниеприемникам, за исключением случаев использования стального каркаса здания в качестве токоотводов и молниеприемников, а также результаты замеров сопротивлений току промышленной частоты заземлителей отдельно стоящих молниеотводов.

1.14. Проверка состояния устройств молниезащиты должна производиться: для зданий и сооружений I и II категории - 1 раз в год перед началом грозового сезона; для зданий и сооружений III категории - не реже 1 раза в 3 года.

Проверке подлежит целостность и защищенность от коррозии доступных обзору частей молниеприемников и токоотводов и контактов между ними, а также величина сопротивлению току промышленной частоты заземлителей отдельно стоящих молниеотводов. Эта величина не должна более чем в Раз превышать результаты соответствующих замеров на стадии приемки (п. [1.13](#)). В противном случае должна быть проведена ревизия заземлителя.

2. Молниезащита III категории

2.25. Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений, относимых по устройству молниезащиты к III категории должна



выполняться одним из способов, указанных в п. [2.11](#) с соблюдением требований пп. [2.12](#) и [2.14](#).

2.11. Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений II категории с неметаллической кровлей должна быть выполнена отдельно стоящими или установленными на защищаемом объекте стержневыми или тросовыми молниеотводами, обеспечивающими зону защиты в соответствии с требованиями табл. [1](#), п. 2.6* и обязательного приложения [3](#). При установке молниеотводов на объекте от каждого стержневого молниеприемника или каждой стойки тросового молниеприемника должно быть обеспечено не менее двух токоотводов. При уклоне кровли не более 1:8 может быть использована также молниеприемная сетка при обязательном выполнении требований п. 2.6*.

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

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

На зданиях и сооружениях с металлической кровлей в качестве молниеприемника должна использоваться сама кровля. При этом все выступающие неметаллические элементы должны быть оборудованы молниеприемниками, присоединенными к металлу кровли, а также соблюдены правила п. 2.6*.

Токоотводы от металлической кровли или молниеприемной сетки должны быть проложены к заземлителям не реже, чем через 25 м по периметру здания.

* 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.



2.12. При прокладке молниеприемной сетки и установке молниеотводов на защищаемом объекте всюду, где это возможно, в качестве токоотводов следует использовать металлические конструкции зданий и сооружений (колонны, фермы, рамы, пожарные лестницы и т.п., а также арматуру железобетонных конструкций) при условии обеспечения непрерывной электрической связи в соединениях конструкций и арматуры с молниеприемниками и заземлителями, выполняемых как правило сваркой.

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

2.14. При установке отдельно стоящих молниеотводов расстояние от них по воздуху и в земле до защищаемого объекта и вводимых в него подземных коммуникаций не нормируется.

При этом в случае использования молниеприемной сетки шаг ее ячеек должен быть не более 12´12 м.

2.26. Во всех возможных случаях (см. п. [1.7](#)) в качестве заземлителей защиты от прямых ударов молнии следует использовать железобетонные фундаменты зданий и сооружений.

При невозможности их использования должны быть выполнены искусственные заземлители:

каждый токоотвод от стержневых и тросовых молниеприемников должен быть присоединен к заземлителю, состоящему не менее чем из двух вертикальных электродов длиной не менее 3 м, объединенных горизонтальным электродом длиной не менее 5 м;

при использовании в качестве молниеприемников сетки или металлической кровли по периметру здания в земле на глубине не менее 0,5 м должен быть проложен наружный контур, состоящий из горизонтальных электродов. В грунтах с эквивалентным удельным сопротивлением $500 \text{ Ом} \cdot \text{м} < \rho \leq 1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и при площади здания менее 900 м^2 к этому контуру в местах присоединения токоотводов должно быть приварено по одному вертикальному или горизонтальному лучевому электроду длиной 2 - 3 м.

Минимально допустимые сечения (диаметры) электродов искусственных заземлителей определяются по табл. [2](#).



2.27. При защите строений для крупного рогатого скота и конюшен отдельно стоящими молниеотводами их опоры и заземлители следует располагать не ближе чем в 5 м от входа в строения.

При установке молниеприемников или прокладке сетки на защищаемом строении в качестве заземлителей следует использовать железобетонный фундамент (см. п. 1.8) либо наружный контур, проложенный по периметру строения под асфальтовой или бетонной отмосткой в соответствии с указаниями п. 2.26.

К заземлителям защиты от прямых ударов молнии должны быть присоединены находящиеся внутри строения металлические конструкции, оборудование и трубопроводы, а также устройства выравнивания электрических потенциалов.

2.30. Расположенные в сельской местности небольшие строения с неметаллической кровлей, соответствующие пп. 5 и 9 табл. 1, подлежат защите от прямых ударов молнии одним из упрощенных способов:

а) при наличии на расстоянии 3 - 10 м от строения деревьев, в 2 раза и более превышающих его высоту с учетом всех выступающих на кровле предметов (дымовые трубы, антенны и т.д.), по стволу ближайшего из деревьев должен быть проложен токоотвод, верхний конец которого выступает над кроной дерева не менее чем на 200 мм. У основания дерева токоотвод должен быть присоединен к заземлителю;

б) если конек кровли соответствует наибольшей высоте строения, над ним должен быть подвешен тросовый молниеприемник, возвышающийся над коньком не менее чем на 250 мм. Опорами для молниеприемника могут служить закрепленные на стенах строения деревянные планки. Токоотводы должны быть проложены с двух сторон по торцевым стенам строения и присоединены к заземлителям. При длине строения менее 10 м токоотвод и заземлитель могут быть выполнены только с одной стороны;

в) при наличии возвышающейся над всеми элементами кровли дымовой трубы над ней следует установить стержневой молниеприемник высотой не менее 200 мм, проложить по кровле и стене строения токоотвод и присоединить его к заземлителю;



г) при наличии металлической кровли ее следует хотя бы в одной точке присоединить к заземлителю, при этом токоотводами могут служить наружные металлические лестницы, водостоки и т.п. К кровле должны быть присоединены все выступающие на ней металлические предметы.

Во всех случаях следует применять молниеприемники и токоотводы с минимальным диаметром 6 мм, а в качестве заземлителя - один вертикальный или горизонтальный электрод с минимальным диаметром 10 мм, уложенный на глубине не менее 0,5 м.

Соединения элементов молниеотводов допускаются как сварные, так и болтовые.

2.32. Для защиты от заноса высокого потенциала по внешним наземным (надземным) металлическим коммуникациям их необходимо на вводе в здание или сооружение присоединить к заземлителю защиты от прямых ударов молнии.

2.33. Защита от заноса высокого потенциала по воздушным линиям электропередачи напряжением до 1 кВ и линиям связи и сигнализации должна выполняться в соответствии с [ПУЭ](#) и ведомственными нормативными документами.

3. Конструкции молниеотводов

3.1. Опоры стержневых молниеотводов должны быть рассчитаны на механическую прочность как свободно стоящие конструкции, а опоры тросовых молниеотводов - с учетом натяжения троса и действия на него ветровой и гололедной нагрузки.

3.2. Опоры отдельно стоящих молниеотводов могут выполняться из стали, железобетона или дерева.

3.3. Стержневые молниеприемники должны быть изготовлены из стали любой марки сечением не менее 100 мм² и длиной не менее 200 мм и предохранены от коррозии оцинкованием, лужением или покраской.

Тросовые молниеприемники должны быть выполнены из стальных многопроволочных канатов сечением не менее 35 мм².

3.4. Соединения молниеприемников с токоотводами и токоотводов с заземлителями должны выполняться как правило



сваркой, а при недопустимости огневых работ разрешается выполнение болтовых соединений с переходным сопротивлением не более 0,05 Ом при обязательном ежегодном контроле последнего перед началом грозового сезона.

3.5. Токоотводы, соединяющие молниеприемники всех видов с заземлителями, следует выполнять из стали размерами, не менее указанных в табл. 2.

Таблица 2

Форма токоотводов и заземлителей	Снаружи здания на воздухе	В земле
Круглые токоотводы и перемычки диаметром, мм	6	-
Круглые вертикальные электроды диаметром, мм	-	10
Круглые горизонтальные* электроды диаметром, мм	-	10
Прямоугольные: сечением, мм ²	48 (4'20)	160 (4'40)
толщиной, мм	4	4

* Только для выравнивания потенциала внутри зданий и для прокладки наружных контуров на дне котлована по периметру здания

3.6. При установке молниеотводов на защищаемом объекте и невозможности использования в качестве токоотводов металлических конструкций здания (см. п. 2.12) токоотводы должны быть проложены к заземлителям по наружным стенам здания кратчайшими путями.

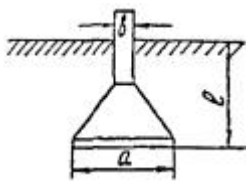
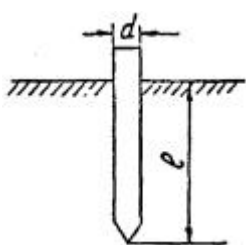
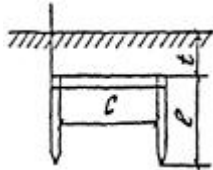


3.7. Допускается использование любых конструкций железобетонных фундаментов зданий и сооружений (свайных, ленточных и т.п.) в качестве естественных заземлителей молниезащиты (с учетом требований п. 1.8).

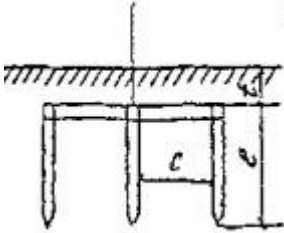
Допустимые размеры одиночных конструкций железобетонных фундаментов, используемых в качестве заземлителей, приведены в табл. 3.

3.8. Рекомендуемые конструкции и размеры сосредоточенных искусственных заземлителей приведены в табл. 3. При этом минимально допустимые сечения (диаметры) электродов искусственных заземлителей нормированы в табл. 2.

Таблица 3

Тип заземлителя	Эскиз	Применимые размеры
1. Железобетонный подножник		$a \geq 1,8 \text{ м}$ $b \geq 0,4 \text{ м}$ $l \geq 2,2 \text{ м}$
2. Железобетонная свая		$d = 0,25 - 0,4 \text{ м}$ $l \geq 5 \text{ м}$
3. Стальной двухстержневой полоса 40'4 мм стержни $d = 10 \text{ , } 20 \text{ мм}$		$t \geq 0,5 \text{ м}$ $l = 3 \text{ , } 5 \text{ м}$ $c = 5 \text{ , } 6 \text{ м}$



<p>4. Стальной трехстержневой полоса 40'4 мм стержни $d = 10 \text{ , } 20$ мм</p>		<p>$t \geq 0,5 \text{ м}$ $l = 3 \text{ , } 5 \text{ м}$ $c = 5 \text{ , } 6 \text{ м}$</p>
---	--	--

Приложение 1

Обязательное

Основные термины

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

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

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

4. **Молниеотвод** - устройство, воспринимающее удар молнии и отводящее ее ток в землю.

В общем случае молниеотвод состоит из: опоры; молниеприемника, непосредственно воспринимающего удар молнии; токоотвода, по которому ток молнии передается в землю; заземлителя, обеспечивающего растекание тока молнии в земле.



В некоторых случаях функции опоры, молниеприемника и токоотвода совмещаются, например, при использовании в качестве молниеотвода металлических труб или ферм.

5. Зона защиты молниеотвода - пространство, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с надежностью не ниже определенной величины. Наименьшей и постоянной надежностью обладает поверхность зоны защиты; в глубине зоны защиты надежность выше, чем на ее поверхности.

Зона защиты типа А обладает надежностью 99,5 % и выше а типа Б - 95 % и выше.

6. Конструктивно молниеотводы разделяются на следующие виды:

стержневые - с вертикальным расположением молниеприемника;

тросовые (протяженные) - с горизонтальным расположением молниеприемника, закрепленного на двух заземленных опорах;

сетки - многократные горизонтальные молниеприемники, пересекающиеся под прямым углом и укладываемые сверху на защищаемое здание.

7. Отдельно стоящими называются молниеотводы, опоры которых установлены на земле на некотором удалении от защищаемого объекта.

8. Одиночным молниеотводом называется единичная конструкция стержневого или тросового молниеотвода.

9. Двойным (многократным) **молниеотводом** называется сочетание двух (или более) стержневых и тросовых молниеотводов, образующих общую зону защиты.

10. Заземлитель молниезащиты - один или несколько проводников, находящихся в соприкосновении с землей и предназначенных для отвода в землю токов молнии или ограничения перенапряжений, возникающих на металлических корпусах, оборудовании, коммуникациях при близких разрядах молнии.



Естественными заземлителями служат заглубленные в землю металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений. Искусственные заземлители специально прокладываются в земле в виде контуров из полосовой или круглой стали, либо в виде сосредоточенных конструкций, состоящих из вертикальных и горизонтальных проводников.

Приложение 2

Обязательное

Характеристики интенсивности грозовой деятельности и грозопоражаемости зданий и сооружений

Среднегодовая продолжительность гроз в часах в произвольном пункте на территории РФ определяется либо по карте*, либо по утвержденным для некоторых областей СССР региональным картам продолжительности гроз, либо по средним многолетним (порядка 10 лет) данным метеостанции, ближайшей от места нахождения здания или сооружения.

* см. рис. 1 на стр. 14

Подсчет ожидаемого количества N поражений молнией в год производится по формулам:

для сосредоточенных зданий и сооружений (типа дымовых труб, вышек, башен)

$$N = 9\pi h^2 n \cdot 10^{-6};$$

для зданий и сооружений прямоугольной формы

$$N = [(S + 6h)(L + 6h) - 7,7h^2]n \cdot 10^{-6},$$



где h - наибольшая высота здания или сооружения, м;

S, L - соответственно ширина и длина здания или сооружения, м;

n - среднегодовое число ударов молнии в 1 км^2 земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

Для зданий и сооружений сложной конфигурации в качестве S и L рассматриваются ширина и длина наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание или сооружение в плане.

Для произвольного пункта на территории СССР удельная плотность ударов молнии в землю n определяется исходя из среднегодовой продолжительности гроз в часах по таблице.

Среднегодовая продолжительность гроз, час	10 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 и более
Удельная плотность ударов молнии в землю n , $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$	1	2	4	5,5	7	8,5

Приложение 3^{*}

Обязательное

* Извлечение.

Зоны защиты молниеотводов

1. Одиночный стержневой молниеотвод

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h представляет собой круговой конус (рис. 3.1.), вершина которого находится на высоте $h_0 < h$. На уровне земли зона защиты образует круг радиусом r_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения h_x , представляет собой круг радиусом r_x .



1.1. Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой $h \leq 150$ м имеют следующие габариты:

Зона А

$$h_0 = 0,85h$$

$$r_0 = (1,1 - 0,002h)h$$

$$r_x = (1,1 - 0,002h) \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right)$$

Зона Б

$$h_0 = 0,92h$$

$$r_0 = 1,5h$$

$$r_x = 1,5 \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right)$$

Для зоны Б высота одиночного стержневого молниеотвода высотой $h \leq 150$ м при известных величинах h_x и r может быть определена по формуле

$$h = \frac{r_x + 1,63h_x}{1,5}$$

2. Двойной стержневой молниеотвод

2.1. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода высотой $h \leq 150$ м изображена на рис. 3.2. Торцевые области зоны защиты определяются как зоны одиночных стержневых молниеотводов, габариты которых h_0 , r_0 , r_{x1} , r_{x2} определяются по формулам п. 1.1 настоящего приложения для обоих типов зон защиты.

Внутренние области зон защиты двойного стержневого молниеотвода имеют следующие габариты:

Зона А

при $L \leq h$

$$h_e = h_0; r_{cx} = r_x; r_c = r_0$$

при $h < L \leq 2h$

$$h_e = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L - h)$$



$$r_c = r_0;$$

$$r_{cx} = r_0 \frac{h_c - h_x}{h_c}$$

$$\text{при } 2h < L \leq 4h \quad h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L - h)$$

$$r_c = r_0 \left[1 - 0,2 \frac{(L - 2h)}{h} \right]$$

$$r_{cx} = r_0 \frac{h_c - h_x}{h_c}$$

При расстоянии между стержневыми молниеотводами $L > 4h$ для построения зоны А молниеотводы следует рассматривать как одиночные.

Зона Б

$$\text{при } L \leq h \quad h_c = h_0; r_{cx} = r_x; r_c = r_0$$

$$\text{при } h < L \leq 6h \quad h_c = h_0 - 0,14(L - h)$$

$$r_c = r_0; \quad r_{cx} = r_0 \frac{h_c - h_x}{h_c}$$

При расстоянии между стержневыми молниеотводами $L > 6h$ для построения зоны Б молниеотводы следует рассматривать как одиночные.

При известных величинах h_c и L (при $r_{cx} = 0$) высота молниеотвода для зоны Б определяется по формуле:



$$h = \frac{h_c + 0,14L}{1,06}$$

4. Одиночный тросовый молниеотвод

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высоти $h \leq 150$ м приведена на рис. 3.3, где h - высота троса в середине пролета. С учетом стрелы провеса троса сечением 35 - 50 мм² при известной высоте опор $h_{оп}$ и длине пролета a высота троса (в метрах) определяется:

$$h = h_{оп} - 2 \text{ при } a < 120 \text{ м}$$

$$h = h_{оп} - 3 \text{ при } 120 < a < 150 \text{ м.}$$

Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода имеют наименьшие габариты:

Зона А

$$h_0 = 0,85h$$

$$r_0 = (1,35 - 0,0025h)h$$

$$r_x = (1,35 - 0,0025h)$$

$$\left(h - \frac{h_x}{0,85} \right)$$

Зона Б

$$h_0 = 0,92h$$

$$r_0 = 1,7h$$

$$r_x = 1,7 \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right)$$

Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных величинах h_x и r_x определяется по формуле



$$h = \frac{r_x + 1,85h_x}{1,7}$$

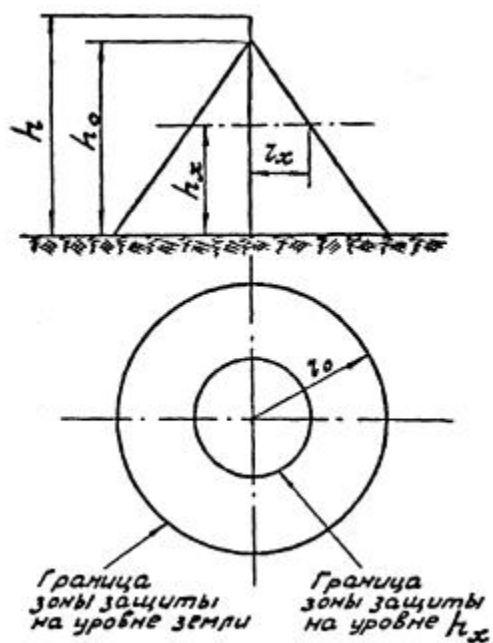


Рисунок 3.1. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода



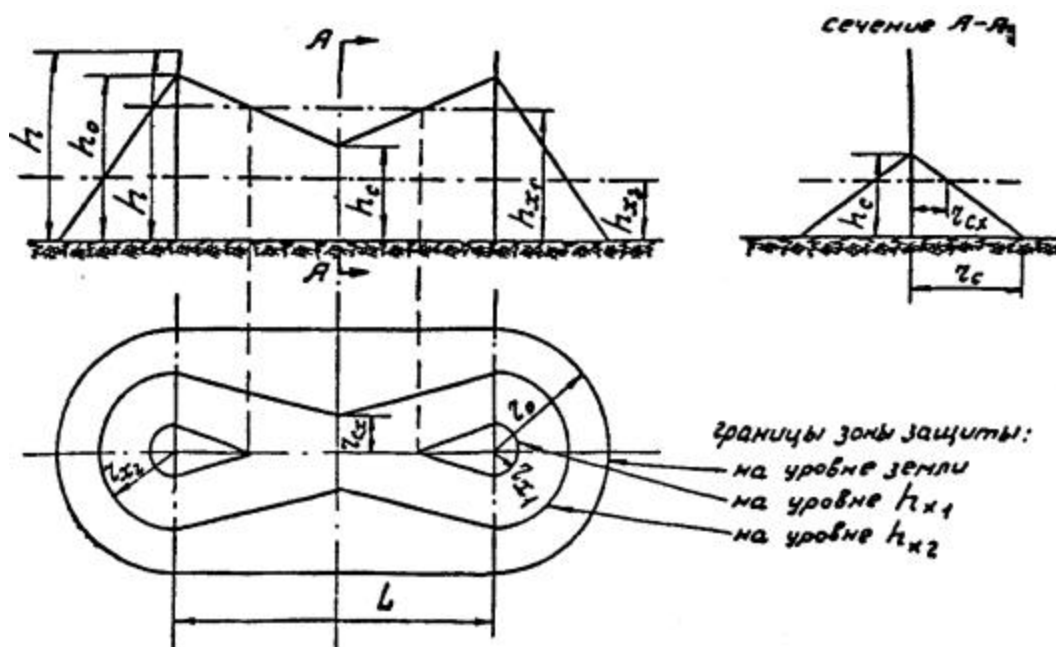


Рисунок 3.2. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода

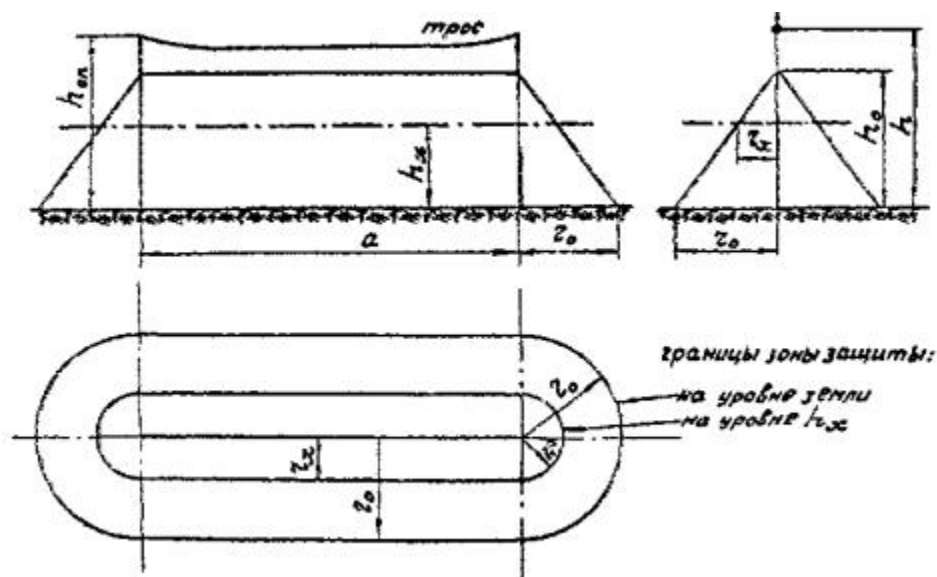


Рисунок 3.3. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода

Приложение II



ЧИСЛО ЧАСОВ ГРОЗОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжительность грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
1	Абдулино	Оренбургская	76 ч 36 мин	32	3 ч 01 мин	5	33 ч 00 мин	
2	Агата	Красноярский	39 ч 15 мин	22	4 ч 00 мин	4	16 ч 15 мин	
3	Агрыз	Татарстан	84 ч 30 мин	36	10 ч 00 мин	9	39 ч 00 мин	
4	Адзьва-Вом	Коми	24 ч 00 мин	20	3 ч 15 мин	4	12 ч 45 мин	
5	Ак-Булак	Оренбургская	78 ч 00 мин	32	13 ч 45 мин	7	38 ч 00 мин	
6	Аксакове	Башкирия	47 ч 30 мин	30	16 ч 45 мин	11	32 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
7	Алатырь	Чувашия	88 ч 15 мин	40	8 ч 15 мин	5	40 ч 00 мин	
8	Александров Гай	Саратовская	91 ч 45 мин	35	22 ч 00 мин	12	56 ч 15 мин	
9	Амазар	Читинская	88 ч 50 мин	29	27 ч 00 мин	12	55 ч 25 мин	
10	Арзамас	Ниж. Новгород	19 ч 00 мин	53	19 ч 45 мин	14	63 ч 45 мин	
11	Армавир	Краснодарский	15 ч 30 мин	46	42 ч 45 мин	20	76 ч 30 мин	
12	Аркагала	Хабаровский	33 ч 35 мин	23	6 ч 30 мин	5	20 ч 00 мин	
13	Архара	Амурская	80 ч 15 мин	35	37 ч 35 мин	14	55 ч 15 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
14	Астрахань	Астраханская	37 ч 00 мин	24	7 ч 30 мин	6	16 ч 30 мин	
15	Аткарск	Саратовская	64 ч 30 мин	34	18 ч 30 мин	15	40 ч 30 мин	
16	Атка	Магаданская	24 ч 15 мин	8	2 ч 30 мин	2	11 ч 00 мин	
17	Ачишхо	Краснодарский	205 ч 30 мин	76	30 ч 00 мин	31	107 ч 15 мин	
18	Бабушкин	Бурятия	52 ч 00 мин	29	2 ч 30 мин	3	24 ч 15 мин	
19	Байкит	Красноярский	46 ч 00 мин	26	10 ч 45 мин	9	21 ч 00 мин	
20	Балашов	Саратовская	113 ч 15 мин	40	40 ч 15 мин	21	54 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
21	Барабинск	Новосибирская	72 ч 15 мин	32	9 ч 45 мин	5	44 ч 00 мин	
22	Барнаул	Алтайский	80 ч 35 мин	40	25 ч 35 мин	19	46 ч 00 мин	
23	Белая Калитва	Ростовская	79 ч 45 мин	39	14 ч 00 мин	21	38 ч 30 мин	
24	Белгород	Белгородская	117 ч 45 мин	42	43 ч 30 мин	23	80 ч 00 мин	
25	Белозерск	Вологодская	70 ч 30 мин	29	27 ч 30 мин	13	44 ч 00 мин	
26	Белорецк	Башкирия	106 ч 15 мин	36	33 ч 30 мин	20	68 ч 15 мин	
27	Берелек (Сусуман)	Хабаровский	13 ч 15 мин	10	9 ч 30 мин	9	11 ч 30 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
28	Бермамыт	Ставропольский	223 ч 45 мин	73	55 ч 00 мин	36	104 ч 00 мин	
29	Бикин	Хабаровский	78 ч 30 мин	32	11 ч 30 мин	11	41 ч 30 мин	
30	Бийск-зональная	Алтайский	71 ч 30 мин	39	20 ч 15 мин	15	48 ч 00 мин	
31	Бира	Хабаровский	76 ч 30 мин	35	3 ч 30 мин	2	42 ч 15 мин	
32	Бирск	Башкирия	112 ч 45 мин	44	27 ч 15 мин	16	64 ч 40 мин	
33	Бирючья коса	Астраханская	103 ч 15 мин	29	13 ч 00 мин	12	33 ч 30 мин	
34	Бисер	Пермская	78 ч 30 мин	27	14 ч 45 мин	14	45 ч 00 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
35	Благовещенск	Амурская	63 ч 30 мин	33	18 ч 40 мин	9	41 ч 00 мин	
36	Боготол	Красноярский	69 ч 15 мин	32	14 ч 15 мин	8	35 ч 15 мин	
37	Бологое	Тверская	96 ч 00 мин	45	21 ч 45 мин	11	52 ч 30 мин	
38	Барковская	Архангельская	66 ч 30 мин	22	14 ч 30 мин	9	32 ч 15 мин	
39	Братск	Иркутская	37 ч 00 мин	18	8 ч 15 мин	7	21 ч 45 мин	
40	Бугульма	Татарстан	107 ч 46 мин	45	18 ч 15 мин	21	52 ч 45 мин	
41	Буденовск (Прикумск)	Ставропольский	80 ч 15 мин	29	12 ч 20 мин	И	37 ч 15 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
42	Бузулук	Оренбургская	74 ч 45 мин	38	7 ч 15 мин	11	30 ч 30 мин	
43	Буй	Костромская	112 ч 15 мин	37	11 ч 00 мин	14	40 ч 35 мин	
44	Вакханка	Хабаровский	18 ч 00 мин	10	4 ч 45 мин	5	10 ч 25 мин	
45	Валдай	Новгородская	90 ч 00 мин	39	15 ч 45 мин	15	57 ч 45 мин	
46	Ванавара	Красноярский	58 ч 30 мин	25	4 ч 45 мин	5	31 ч 30 мин	
47	Великие Луки	Псковская	112 ч 45 мин	39	30 ч 45 мин	15	60 ч 00 мин	
48	Венденга	Коми	88 ч 30 мин	32	17 ч 30 мин	12	48 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
49	Веребье	Новгородский	97 ч 45 мин	34	24 ч 45 мин	11	58 ч 45 мин	
50	Верещагино	Красноярский	90 ч 00 мин	39	5 ч 45 мин	8	33 ч 45 мин	
51	Верхний Баскунчак	Астраханская	38 ч 00 мин	21	11 ч 30 мин	7	23 ч 15 мин	
52	Верхний Щугор	Коми	38 ч 00 мин	27	3 ч 00 мин	7	20 ч 00 мин	
53	Верхне-Имбатское	Красноярский	45 ч 45 мин	22	16 ч 45 мин	7	25 ч 30 мин	
54	Дивное	Ставропольский	59 ч 50 мин	30	14 ч 59 мин	10	35 ч 15 мин	
55	Верхотурье	Свердловская	77 ч 15 мин	42	25 ч 30 мин	17	47 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
56	Взморье	Сахалинская	13 ч 30 мин	6	3 ч 30 мин	2	7 ч 00 мин	
57	Виахту	Сахалинская	23 ч 45 мин	13	1 ч 00 мин	2	10 ч 00 мин	
58	Вилюйск	Якутия	31 ч 30 мин	18	4 ч 15 мин	5	18 ч 30 мин	
59	Владивосток	Приморский	30 ч 00 мин	13	4 ч 00 мин	3	12 ч 30 мин	
60	Владимир	Владимирская	79 ч 45 мин	28	13 ч 00 мин	1	39 ч 45 мин	
61	Волгоград	Волгоградская	96 ч 00 мин	35	21 ч 00 мин	10	46 ч 30 мин	
62	Волоколамск	Московская	90 ч 10 мин	38	32 ч 30 мин	10	55 ч 30 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
63	Вологда-Прилуки	Вологодская	98 ч 00 мин	35	9 ч 45 мин	10	35 ч 00 мин	
64	Ворогово	Красноярский	77 ч 00 мин	36	10 ч 00 мин	14	41 ч 00 мин	
65	Воронеж	Воронежский	94 ч 30 мин	40	42 ч 00 мин	13	59 ч 30 мин	
66	Воткинск	Удмуртия	98 ч 45 мин	41	5 ч 45 мин	9	37 ч 45 мин	
67	Вяземская	Хабаровский	81 ч 15 мин	37	8 ч 15 мин	9	41 ч 00 мин	
68	Вязьма	Смоленская	64 ч 37 мин	31	15 ч 00 мин	13	37 ч 15 мин	
69	Вятские Поляны	Вятская	61 ч 45 мин	33	13 ч 00 мин	13	37 ч 50 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
70	Гдов	Псковская	126 ч 00 мин	39	24 ч 15 мин	11	61 ч 00 мин	
71	Гигант	Ростовская	53 ч 00 мин	30	17 ч 45 мин	16	40 ч 45 мин	
72	Глазов	Удмуртия	80 ч 45 мин	37	14 ч 00 мин	13	40 ч 15 мин	
73	Гороховец	Владимирская	92 ч 30 мин	41	10 ч 15 мин	9	41 ч 15 мин	
74	Ниж. Новгород	Ниж. Новгород	112 ч 15 мин	38	15 ч 30 мин	6	48 ч 00 мин	
75	Гридино	Карелия	57 ч 30 мин	26	6 ч 00 мин	6	28 ч 45 мин	
76	Грязи	Липецкая	68 ч 00 мин	35	19 ч 15 мин	14	43 ч 15 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
77	Гудермес	Чечня	58 ч 45 мин	32	3 ч 15 мин	5	27 ч 30 мин	
78	Двинской Березник	Архангельская	59 ч 45 мин	29	13 ч 00 мин	16	32 ч 00 мин	
79	Дивное	Ставропольский	59 ч 50 мин	30	14 ч 59 мин	10	35 ч 15 мин	
80	Дмитриев	Курская	126 ч 30 мин	52	37 ч 35 мин	20	78 ч 45 мин	
81	Дно	Псковская	106 ч 15 мин	38	21 ч 30 мин	13	45 ч 00 мин	
82	Досанг	Астраханская	29 ч 15 мин	22	8 ч 15 мин	8	20 ч 45 мин	
83	Ейск	Краснодарский	85 ч 30 мин	29	27 ч 45 мин	141	53 ч 00 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
84	Елец	Липецкая	114 ч 00 мин	41	36 ч 45 мин	22	68 ч 15 мни	
85	Ельня	Смоленская	109 ч 15 мин	39	24 ч 00 мин	16	70 ч 15 мин	
86	Ена	Мурманская	25 ч 15 мин	13	2 ч 45 мин	3	10 ч 45 мин	
87	Енисейск	Красноярский	57 ч 30 мин	35	11 ч 45 мин	7	28 ч 30 мин	
88	Ербогачен	Иркутская	61 ч 30 мин	32	8 ч 45 мин	7	27 ч 00 мин	
89	Ерофей Павлович	Амурская	78 ч 45 мин	34	17 ч 15 мин	11	40 ч 30 мин	
90	Ершов	Саратовская	88 ч 00 мин	38	11 ч 15 мин	5	48 ч 00 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
91	Завитая	Амурская	91 ч 15 мин	35	12 ч 05 мин	12	46 ч 15 мин	
92	Западная Двина	Тверская	93 ч 15 мин	29	15 ч 15 мин	10	53 ч 15 мин	
93	Заметчино	Пензенская	100 ч 15 мин	36	23 ч 15 мин	14	44 ч 15 мин	
94	Зилово	Читинская	136 ч 15 мин	45	14 ч 30 мин	10	50 ч 00 мин	
95	Зима	Иркутская	68 ч 19 мин	25	10 ч 45 мин	10	30 ч 00 мин	
96	Златоуст	Челябинская	75 ч 45 мин	32	22 ч 10 мин	10	44 ч 30 мин	
97	Змеиногоorsk	Алтайский	88 ч 45 мин	56	19 ч 00 мин	20	49 ч 00 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
98	Ивдель	Свердловская	60 ч 30 мин	29	10 ч 36 мин	12	37 ч 15 мин	
99	Идрица	Псковская	73 ч 30 мин	36	22 ч 00 мин	12	43 ч 30 мин	
100	Ижма	Коми	49 ч 30 мин	29	15 ч 00 мин	9	27 ч 45 мин	
101	Илимск	Иркутская	30 ч 45 мин	28	9 ч 15 мин	7	18 ч 30 мин	
102	Иловлинская	Волгоградская	89 ч 15 мин	34	33 ч 45 мин	15	52 ч 00 мин	
103	Ильмень	Волгоградская	96 ч 00 мин	34	34 ч 00 мин	16	56 ч 00 мин	
104	Иман	Приморский	89 ч 15 мин	39	13 ч 45 мин	10	33 ч 15 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
105	Инза	Ульяновская	127 ч 40 мин	51	33 ч 00 мин	14	63 ч 15 мин	
106	Йошкар-Ола	Марий-Эл	118 ч 15 мин	39	22 ч 00 мин	123	52 ч 15 мин	
107	Иркутск	Иркутская	31 ч 15 мин	23	10 ч 20 мин	7	20 ч 45 мин	
108	Ичера	Иркутская	50 ч 45 мин	25	3 ч 45 мин	6	22 ч 45 мин	
109	Ишим	Тюменская	114 ч 30 мин	39	18 ч 15 мин	12	65 ч 45 мин	
110	Казань	Татарстан	69 ч 30 мин	37	9 ч 00 мин	11	29 ч 45 мин	
111	Калуга	Калужская	97 ч 35 мин	43	18 ч 45 мин	12	54 ч 30 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
112	Каменск	Ростовская	159 ч 30 мин	38	48 ч 00 мин	20	87 ч 45 мин	
113	Каменная Степь	Воронежская	143 ч 15 мин	43	17 ч 00 мин	15	76 ч 00 мин	
114	Камышлов	Свердловская	90 ч 15 мин	36	24 ч 30 мин	14	51 ч 30 мин	
115	Камышин	Волгоградская	97 ч 30 мин	17	27 ч 15 мин	16	50 ч 45 мин	
116	Канаш	Чувашия	81 ч 15 мин	40	8 ч 45 мин	6	41 ч 30 мин	
117	Канск	Красноярский	55 ч 00 мин	28	9 ч 45 мин	5	30 ч 30 мин	
118	Капралово	Свердловская	58 ч 06 мин	32	9 ч 09 мин	11	32 ч 20 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
119	Капустин Яр	Астраханская	100 ч 45 мин	30	23 ч 00 мин	12	45 ч 30 мин	
120	Кара-Кем	Красноярский	63 ч 30 мин	38	14 ч 45 мин	22	38 ч 00 мин	
121	Карачев	Брянская	138 ч 15 мин	49	45 ч 00 мин	20	90 ч 00 мин	
122	Каргополь	Архангельская	56 ч 15 мин	22	13 ч 30 мин	11	36 ч 45 мин	
123	Карпогоры	Архангельская	71 ч 15 мин	27	9 ч 45 мин	7	28 ч 00 мин	
124	Карымская	Читинская	111 ч 45 мин	36	10 ч 00 мин	6	43 ч 00 мин	
125	Кашира	Московская	59 ч 15 мин	33	14 ч 30 мин	14	35 ч 30 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
126	Кемь-Порт	Карелия	26 ч 45 мин	50	4 ч 00 мин	3	15 ч 45 мин	
127	Кизел	Пермская	88 ч 25 мин	39	5 ч 45 мин	6	41 ч 00 мин	
128	Кипгисепп	Ленинградская	79 ч 00 мин	39	14 ч 45 мин	9	38 ч 40 мин	
129	Киров	Калужская	107 ч 15 мин	41	10 ч 45 мин	11	41 ч 30 мин	
130	Вятка	Вятская	99 ч 00 мин	39	14 ч 30 мин	11	43 ч 25 мин	
131	Кирсанов	Тамбовская	108 ч 30 мин	47	17 ч 00 мин	10	52 ч 30 мин	
132	Ключи	Алтайский	97 ч 00 мин	31	15 ч 00 мин	10	43 ч 15 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
133	Ковров	Владимирская	91 ч 30 мин	32	18 ч 30 мин	13	46 ч 30 мин	
134	Кольчугино	Кемеровская	67 ч 15 мин	30	14 ч 45 мин	11	35 ч 00 мин	
135	Комсомольск-на-Амуре	Хабаровский	35 ч 15 мин	23	3 ч 00 мин	7	20 ч 00 мин	
136	Коноша	Архангельская	80 ч 15 мин	30	6 ч 15 мин	7	45 ч 45 мин	
137	Котельниково	Волгоградская	125 ч 15 мин	39	41 ч 25 мин	14	84 ч 30 мин	
138	Котельнич	вятская	76 ч 45 мин	39	11 ч 00 мин	7	35 ч 45 мин	
139	Котлас	Архангельская	63 ч 00 мин	31	12 ч 45 мин	10	35 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
140	Кочумдек	Красноярский	47 ч 15 мин	30	8 ч 00 мин	8	26 ч 00 мин	
141	Красная Поляна	Краснодарский	184 ч 45 мин	76	42 ч 20 мин	36	111 ч 00 мин	
142	Красноборск	Архангельская	69 ч 00 мин	33	11 ч 00 мин	13	38 ч 30 мин	
143	Краснодар	Краснодарский	117 ч 45 мин	49	10 ч 22 мин	7	50 ч 45 мин	
144	Красноуфимск	Свердловская	82 ч 30 мин	36	18 ч 00 мин	10	41 ч 30 мин	
145	Красноярск	Красноярский	60 ч 30 мин	35	13 ч 30 мин	14	34 ч 00 мин	
146	Крест-Халджай	Якутия	41 ч 45 мин	21	6 ч 00 мин	4	23 ч 00 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
147	Кропачево	Челябинская	145 ч 15 мин	45	6 ч 20 мин	9	63 ч 00 мин	
148	Кропоткин	Краснодарский	76 ч 45 мин	36	18 ч 55 мин	14	48 ч 30 мин	
149	Кротовка	Самарская	88 ч 15 мин	28	12 ч 47 мин	12	44 ч 30 мин	
150	Крымская	Краснодарский	133 ч 29 мин	51	29 ч 06 мин	15	70 ч 15 мин	
151	Кувандык	Оренбургская	75 ч 30 мин	29	12 ч 00 мин	9	35 ч 30 мин	
152	Кудымкар	Пермская	88 ч 00 мин	38	14 ч 30 мин	12	48 ч 30 мин	
153	Кузнецк	Пензенская	120 ч 45 мин	42	14 ч 30 мин	19	57 ч 15 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
154	Самара	Самарская	86 ч 30 мин	34	11 ч 31 мин	10	36 ч 30 мин	
155	Кунгур	Пермская	119 ч 00 мин	37	12 ч 50 мин	13	65 ч 45 мин	
156	Курган	Курганская	81 ч 30 мин	33	20 ч 00 мин	12	48 ч 00 мин	
157	Курсавка	Ставропольский	96 ч 15 мин	48	3 ч 50 мин	4	54 ч 30 мин	
158	Курск	Курская	101 ч 00 мин	40	54 ч 00 мин	23	76 ч 00 мин	
159	Кызыл	Тува	47 ч 00 мин	27	11 ч 45 мин	14	21 ч 30 мин	
160	Ладва	Карелия	79 ч 15 мин	44	9 ч 30 мин	10	40 ч 15 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
161	Левкинская	Коми	72 ч 45 мин	27	12 ч 15 мин	6	33 ч 15 мин	
162	Лев Толстой	Липецкая	102 ч 15 мин	39	25 ч 45 мин	18	54 ч 00 мин	
163	Санкт-Петербург	Ленинградская	37 ч 45 мин	30	9 ч 45 мин	10	20 ч 45 мин	
164	Лиски	Воронежская	145 ч 45 мин	47	43 ч 14 мин	21	84 ч 00 мин	
165	Лукоянов	Ниж. Новгород	153 ч 30 мин	44	13 ч 10 мин	10	56 ч 15 мин	
166	Лямца	Архангельская	112 ч 15 мин	36	8 ч 45 мин	6	38 ч 00 мин	
167	Магдагачи	Амурская	103 ч 45 мин	36	16 ч 45 мин	7	46 ч 00 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
168	Магнитогорск	Челябинская	104 ч 30 мин	33	22 ч 45 мин	14	55 ч 00 мин	
169	Майкоп	Краснодарский	129 ч 00 мин	60	62 ч 15 мин	36	100 ч 00 мин	
170	Максатиха	Тверская	73 ч 20 мин	42	20 ч 30 мин	10	44 ч 15 мин	
171	Малоярославец	Калужская	90 ч 35 мин	34	35 ч 00 мин	19	60 ч 30 мин	
172	Марычевка	Самарская	150 ч 00 мин	40	11 ч 55 мин	15	48 ч 20 мин	
173	Махачкала	Дагестан	47 ч 15 мин	23	5 ч 00 мин	7	24 ч 30 мин	
174	Медвежьегорск	Карелия	83 ч 30 мин	45	9 ч 00 мин	7	28 ч 00 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
175	Мезень	Архангельская	28 ч 45 мин	19	3 ч 15 мин	3	17 ч 30 мин	
176	Мелекес	Ульяновская	86 ч 00 мин	35	16 ч 15 мин	10	41 ч 45 мин	
177	Мелеуз	Башкирия	64 ч 30 мин	40	23 ч 00 мин	17	38 ч 00 мин	
178	Миллерово	Ростовская	143 ч 45 мин	43	55 ч 45 мин	23	84 ч 30 мин	
179	Минеральные воды	Ставропольский	87 ч 15 мин	49	16 ч 30 мин	19	52 ч 16 мин	
180	Мичуринск	Тамбовская	103 ч 00 мин	38	20 ч 45 мин	13	46 ч 45 мин	
181	Моздок	Северн. Осетия	82 ч 00 мин	38	10 ч 00 мин	11	35 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
182	Морозовск	Ростовская	129 ч 45 мин	45	54 ч 05 мин	21	72 ч 30 мин	
183	Москва	Московская	50 ч 30 мин	38	10 ч 30 мин	11	31 ч 00 мин	
184	Мужи	Тюменская	33 ч 00 мин	23	3 ч 45 мин	4	18 ч 15 мин	
185	Мураши	Вятская	55 ч 45 мин	32	10 ч 00 мин	8	32 ч 30 мин	
186	Мухтуя	Якутия	50 ч 00 мин	32	10 ч 15 мин	7	21 ч 30 мин	
187	Невинномысская	Ставропольский	71 ч 05 мин	47	25 ч 30 мин	14	46 ч 15 мин	
188	Нижний Тагил	Свердловская	121 ч 30 мин	41	22 ч 05 мин	11	59 ч 15 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
189	Нижне-Усинское	Красноярский	105 ч 00 мин	49	37 ч 45 мин	29	74 ч 00 мин	
190	Новгород	Новгородская	97 ч 15 мин	46	19 ч 30 мин	15	53 ч 45 мин	
191	Ново-Анненская (Филоново)	Волгоградская	173 ч 00 мин	47	25 ч 00 мин	13	89 ч 00 мин	
192	Ново-Иерусалим	Московская	85 ч 10 мин	32	27 ч 00 мин	14	56 ч 45 мин	
193	Ново-Кузнецк	Кемеровская	77 ч 30 мин	40	24 ч 15 мин	19	48 ч 00 мин	
194	Ново-Сергиевка	Оренбургская	120 ч 15 мин	40	29 ч 30 мин	12	50 ч 00 мин	
195	Новосибирск (Бугры)	Новосибирская	71 ч 15 мин	35	20 ч 30 мин	20	48 ч 00 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
196	Ново-Пятигорск	Ставропольский	76 ч 45 мин	47	22 ч 57 мин	21	44 ч 00 мин	
197	Нюрба	Якутия	64 ч 15 мин	22	4 ч 15 мин	22	21 ч 00 мин	
198	Обловка	Тамбовская	98 ч 00 мин	40	6 ч 15 мин	6	46 ч 45 мин	
199	Облучье	Хабаровский	72 ч 05 мин	39	27 ч 15 мин	15	50 ч 30 мин	
200	Оловянная	Читинская	78 ч 00 мин	31	4 ч 45 мин	3	32 ч 15 мин	
201	Омск	Омская	51 ч 15 мин	34	3 ч 45 мин	6	30 ч 00 мин	
202	Владикавказ	Северн. Осетия	79 ч 45 мин	52	27 ч 30 мин	23	51 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
203	Опор	Сахалинская	14 ч 45 мин	10	3 ч 00 мин	2	10 ч 00 мин	
204	Орел	Орловская	121 ч 45 мин	40	45 ч 15 мин	12	77 ч 00 мин	
205	Оренбург	Оренбургская	64 ч 30 мин	36	16 ч 45 мин	18	38 ч 45 мин	
206	Осташков	Тверская	139 ч 00 мин	45	39 ч 15 мин	16	68 ч 30 мин	
207	Охотский перевоз	Якутия	74 ч 30 мин	26	8 ч 45 мин	6	26 ч 30 мин	
208	Павловский Посад	Московская	83 ч 35 мин	37	13 ч 30 мин	9	35 ч 15 мин	
209	Палласовка	Волгоградская	66 ч 00 мин	31	8 ч 00 мин	7	32 ч 15 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
210	Пачелма	Пензенская	82 ч 00 мин	34	20 ч 08 мин	13	42 ч 00 мин	
211	Пенза	Пензенская	74 ч 30 мин	38	16 ч 30 мин	17	41 ч 30 мин	
212	Пермь	Пермская	99 ч 15 мин	31	13 ч 52 мин	9	46 ч 30 мин	
213	Петрозаводск	Карелия	57 ч 15 мин	49	8 ч 00 мин	6	24 ч 45 мин	
214	Петровский завод	Читинская	123 ч 45 мин	45	14 ч 20 мин	13	44 ч 30 мин	
215	Погиби	Сахалинская	21 ч 00 мин	10	4 ч 45 мин	2	10 ч 00 мин	
216	Подкаменная Тунгуска	Красноярский	68 ч 30 мин	29	7 ч 15 мин	6	32 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
217	Победино (Смирных)	Сахалинская	11 ч 00 мин	10	3 ч 15 мин	3	6 ч 40 мин	
218	Покойники	Иркутская	52 ч 30 мин	23	10 ч 15 мин	7	26 ч 45 мин	
219	Им. Л. Осипенко	Хабаровский	48 ч 00 мин	25	9 ч 00 мин	3	26 ч 30 мин	
220	Половина	Иркутская	35 ч 45 мин	25	9 ч 45 мин	8	20 ч 30 мин	
221	Полюдов Камень	Пермская	108 ч 30 мин	44	27 ч 00 мин	13	63 ч 30 мин	
222	Прохладный	Кабардино- Балкария	48 ч 15 мин	30	8 ч 45 мин	8	28 ч 00 мин	
223	Привольск	Саратовская	73 ч 30 мин	34	20 ч 00 мин	13	38 ч 30 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
224	Псков	Псковская	94 ч 35 мин	36	23 ч 15 мин	9	49 ч 00 мин	
225	Пугачев	Саратовская	108 ч 00 мин	37	30 ч 00 мин	17	66 ч 25 мин	
226	Пудож	Карелия	69 ч 30 мин	34	12 ч 15 мин	11	31 ч 15 мин	
227	Пялица	Мурманская	24 ч 00 мин	10	6 ч 15 мин	3	14 ч 00 мин	
228	Ржев	Тверская	110 ч 00 мин	35	22 ч 50 мин	21	66 ч 15 мин	
229	Рока	Осетия	51 ч 45 мин	36	5 ч 00 мин	10	27 ч 45 мин	
230	Рославль	Смоленская	119 ч 30 мин	39	50 ч 45 мин	20	75 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
231	Россошь	Воронежская	130 ч 15 мин	46	39 ч 45 мин	26	86 ч 30 мин	
232	Ростов-на-Дону	Ростовская	55 ч 44 мин	39	13 ч 59 мин	8	39 ч 45 мин	
233	Ртищево	Саратовская	71 ч 45 мин	41	17 ч 15 мин	16	37 ч 45 мин	
234	Рубцовск	Алтайский	137 ч 15 мин	47	11 ч 15 мин	16	71 ч 20 мин	
235	Рыбинск	Ярославская	53 ч 45 мин	30	22 ч 30 мин	14	36 ч 10 мин	
236	Ряжск	Рязанская	137 ч 00 мин	53	16 ч 15 мин	13	49 ч 30 мин	
237	Рязань	Рязанская	86 ч 45 мин	44	14 ч 35 мин	11	48 ч 15 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжительн грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
238	Саратов	Саратовская	51 ч 00 мин	32	11 ч 30 мин	5	24 ч 45 мин	
239	Саран-Пауль	Тюменская	36 ч 00 мин	23	4 ч 10 мин	6	19 ч 45 мин	
240	Сасово	Рязанская	85 ч 45 мин	45	17 ч 00 мин	9	52 ч 30 мин	
241	Екатеринбург	Свердловская	67 ч 45 мин	38	11 ч 56 мин	16	42 ч 30 мин	
242	Свободный	Амурская	75 ч 35 мин	35	17 ч 30 мин	11	52 ч 00 мин	
243	Семенов	Ниж. Новгород	136 ч 15 мин	49	7 ч 45 мин	17	51 ч 30 мин	
244	Сковородино	Амурская	113 ч 00 мин	35	11 ч 30 мин	3	49 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
245	Слюдянка	Иркутская	62 ч 15 мин	28	17 ч 15 мин	3	34 ч 45 мин	
246	Смидовичи	Хабаровский	77 ч 30 мин	35	19 ч 00 мин	10	45 ч 20 мин	
247	Смоленск	Смоленская	119 ч 15 мин	42	22 ч 45 мин	16	58 ч 00 мин	
248	Соликамск	Пермская	80 ч 15 мин	34	21 ч 30 мин	10	43 ч 15 мин	
249	Соль-Илецк	Оренбургская	47 ч 00 мин	29	4 ч 15 мин	6	28 ч 30 мин	
250	Сочи	Краснодарский	194 ч 30 мин	50	33 ч 30 мин	26	110 ч 00 мин	
251	Спаск-Деминск	Калужская	83 ч 15 мин	34	36 ч 30 мин	11	53 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
252	Ставрополь	Ставропольский	140 ч 20 мин	44	17 ч 27 мин	16	56 ч 00 мин	
253	Старая Русса	Новгородская	113 ч 45 мин	41	23 ч 45 мин	19	53 ч 15 мин	
254	Старый Оскол	Белгородская	118 ч 00 мин	43	70 ч 30 мин	29	91 ч 00 мин	
255	Стерлитамак	Башкирия	91 ч 30 мин	32	19 ч 30 мин	11	44 ч 15 мин	
256	Сунтар	Якутия	33 ч 00 мин	18	9 ч 30 мин	5	21 ч 15 мин	
257	Суоярва	Карелия	80 ч 15 мин	29	5 ч 45 мин	6	29 ч 00 мин	
258	Сургут	Тюменская	69 ч 45 мин	34	5 ч 00 мин	9	32 ч 45 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
259	Сухиничи	Калужская	64 ч 45 мин	30	15 ч 20 мин	15	40 ч 45 мин	
260	Сучан	Приморский	45 ч 01 мин	16	4 ч 45 мин	3	15 ч 30 мин	
261	Сызрань	Самарская	146 ч 30 мин	43	23 ч 40 мин	12	72 ч 30 мин	
262	Сыктывкар	Коми	61 ч 15 мин	26	19 ч 30 мин	9	34 ч 00 мин	
263	Тайга	Кемеровская	125 ч 00 мин	43	39 ч 15 мин	20	77 ч 30 мин	
264	Тайшет	Иркутская	51 ч 15 мин	29	8 ч 00 мин	13	31 ч 00 мин	
265	Талдан	Амурская	105 ч 45 мин	39	13 ч 45 мин	11	46 ч 30 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
266	Тамбов	Тамбовская	69 ч 30 мин	40	21 ч 30 мин	12	40 ч 00 мин	
267	Тара	Омская	123 ч 45 мин	49	13 ч 30 мин	12	48 ч 15 мин	
268	Татарск	Новосибирская	78 ч 30 мин	35	21 ч 45 мин	10	50 ч 00 мин	
269	Тверь	Тверская	105 ч 20 мин	39	9 ч 45 мин	8	45 ч 15 мин	
270	Тихвин	Ленинградская	77 ч 45 мин	38	13 ч 30 мин	13	49 ч 00 мин	
271	Тихорецк	Краснодарский	102 ч 45 мин	46	53 ч 00 мин	26	74 ч 15 мин	
272	Тобольск	Тюменская	88 ч 30 мин	33	15 ч 00 мин	10	32 ч 00 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
273	Тогучин	Новосибирская	99 ч 45 мин	38	17 ч 00 мин	13	48 ч 45 мин	
274	Томск	Томская	87 ч 30 мин	41	23 ч 00 мин	17	52 ч 00 мин	
275	Торжок	Тверская	80 ч 15 мин	39	14 ч 15 мин	16	54 ч 00 мин	
276	Троицк	Челябинская	75 ч 30 мин	34	25 ч 00 мин	13	45 ч 30 мин	
277	Троицко- Печорское	Коми	67 ч 00 мин	25	16 ч 00 мин	12	35 ч 45 мин	
278	Туапсе	Краснодарский	363 ч 30 мин	61	85 ч 45 мин	27	173 ч 30 мин	
279	Тула	Тульская	100 ч 00 мин	44	42 ч 30 мин	20	74 ч 10 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
280	Тулун ж.д.	Иркутская	60 ч 30 мин	29	24 ч 45 мин	15	37 ч 15 мин	
281	Тура	Красноярский	37 ч 15 мин	22	9 ч 15 мин	8	19 ч 15 мин	
282	Туринск	Свердловский	77 ч 07 мин	31	21 ч 30 мин	10	46 ч 00 мин	
283	Туруханск	Красноярский	23 ч 30 мин	20	4 ч 30 мин	7	14 ч 30 мин	
284	Тюмень	Тюменская	56 ч 30 мин	39	31 ч 15 мин	17	44 ч 30 мин	
285	Ужур	Красноярский	115 ч 45 мин	38	12 ч 30 мин	7	53 ч 45 мин	
286	Ульяновск	Ульяновская	70 ч 45 мин	37	10 ч 20 мин	15	32 ч 15 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
287	Унеча	Брянская	176 ч 30 мин	40	51 ч 30 мин	23	91 ч 00 мин	
288	Уруша	Амурская	101 ч 15 мин	41	16 ч 15 мин	14	42 ч 30 мни	
289	Усть-Лабинская	Краснодарский	187 ч 15 мин	53	39 ч 35 мин	22	110 ч 15 мин	
290	Усть-Нюкжа	Амурская	63 ч 15 мин	27	13 ч 30 мин	8	34 ч 30 мин	
291	Усть-Уда	Иркутская	58 ч 30 мин	26	14 ч 30 мин	14	34 ч 00 мин	
292	Усть-Унья	Коми	73 ч 15 мин	33	15 ч 15 мин	10	39 ч 00 мин	
293	Усть-Уса	Коми	38 ч 15 мин	20	11 ч 00 мин	6	22 ч 00 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
294	Уфа	Башкирия	87 ч 15 мин	38	17 ч 34 мин	17	54 ч 00 мин	
295	Уфалей	Челябинская	146 ч 30 мин	48	38 ч 30 мин	16	87 ч 15 мин	
296	Ухта	Коми	54 ч 15 мин	22	15 ч 00 мин	11	30 ч 15 мин	
297	Хабаровск	Хабаровский	49 ч 00 мин	29	14 ч 45 мин	9	27 ч 00 мин	
298	Ханты-Мансийск (Самарово)	Тюменская	66 ч 00 мни	32	7 ч 50 мин	8	35 ч 30 мин	
299	Хатынах	Хабаровский	12 ч 40 мин	13	2 ч 50 мин	2	6 ч 30 мин	
300	Хвойная	Новгородская	86 ч 15 мин	37	20 ч 45 мин	13	51 ч 20 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
301	Холмск	Южно-Сахалинская	18 ч 45 мин	8	4 ч 30 мин	4	13 ч 00 мин	
302	Челябинск	Челябинская	53 ч 15 мин	30	13 ч 30 мин	16	35 ч 15 мин	
303	Немал	Алтайский	132 ч 45 мин	54	30 ч 30 мин	23	71 ч 15 мин	
304	Черкесск	Ставропольский	148 ч 35 мин	55	19 ч 15 мин	22	66 ч 30 мин	
305	Чернушка	Пермская	98 ч 45 мин	37	28 ч 15 мин	15	50 ч 30 мин	
306	Чертково	Ростовская	81 ч 30 мин	35	11 ч 43 мин	12	54 ч 15 мин	
307	Чита	Читинская	121 ч 45 мин	45	10 ч 30 мин	9	61 ч 30 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
308	Шадринск	Курганская	105 ч 45 мин	38	19 ч 45 мин	14	50 ч 15 мин	
309	Шарья	Костромская	109 ч 00 мин	40	5 ч 00 мин	6	45 ч 00 мин	
310	Шахунья	Ниж. Новгород	61 ч 45 мин	30	16 ч 15 мин	2	38 ч 20 мин	
311	Шелагонцы	Якутская	32 ч 45 мин	18	4 ч 45 мин	6	15 ч 00 мин	
312	Шенкурск	Архангельская	55 ч 20 мин	27	4 ч 45 мин	3	29 ч 00 мин	
313	Шилка	Читинская	65 ч 30 мин	33	4 ч 30 мин	5	28 ч 15 мин	
314	Шимановская	Амурская	81 ч 45 мин	33	7 ч 20 мин	10	40 ч 30 мин	



№ п.п.	Пункт	Область, край, республика	Продолжительность грозы максимальная минимальная				Средняя продолжитель грозы	
			часы	дни	часы	дни	Т, ч	t
315	Эльтон	Волгоградская	105 ч 30 мин	30	9 ч 45 мин	9	37 ч 30 мин	
316	Ющкозеро	Карелия	41 ч 30 мин	29	12 ч 30 мин	9	21 ч 45 мин	
317	Ярославль	Ярославская	84 ч 00 мин	42	18 ч 15 мин	13	77 ч 30 мин	

Приложение III

ПРИМЕРЫ УСТРОЙСТВА МОЛНИЕЗАЩИТЫ

[Рис. 3.1. Пример решения молниезащиты коттеджа с помощью отдельно стоящего стержневого молниеотвода](#)

[Рис. 3.2. Пример решения молниезащиты коттеджа с помощью стержневого молниеотвода, установленного на крыше](#)

[Рис. 3.3. Пример решения молниезащиты коттеджа с помощью активного молниеотвода, установленного на крыше](#)

[Рис. 3.4. Примеры крепления элементов струнного молниеотвода](#)



[Рис. 3.5. Соединения \(а\) и крепления \(б\) отдельных частей токоотводов](#)

[Рис. 3.6. Крепление токоотвода на дереве](#)

[Рис. 3.7. Несущие конструкции деревянных молниеотводов \(а\) и узлы деревянных молниеотводов](#)

[Рис. 3.8. Стержневые отдельно стоящие молниеотводы на деревянной опоре](#)

[Рис. 3.9. Пример размещения электрооборудования электроустановки дома при молниезащите сетчатыми, струнными или покровными молниеотводами](#)

[Рис. 3.10. Пример устройства молниезащиты сетчатыми, струнными или покровными молниеотводами при наличии элементов, возвышающихся над крышей дома](#)

[Рис. 3.11. Пример устройства заземления и уравнивания потенциалов при совмещенной молниезащите дома и использовании искусственного заземлителя](#)

[Рис. 3.12. Пример устройства защитного заземления и уравнивания потенциалов в доме с совмещенной молниезащитой](#)



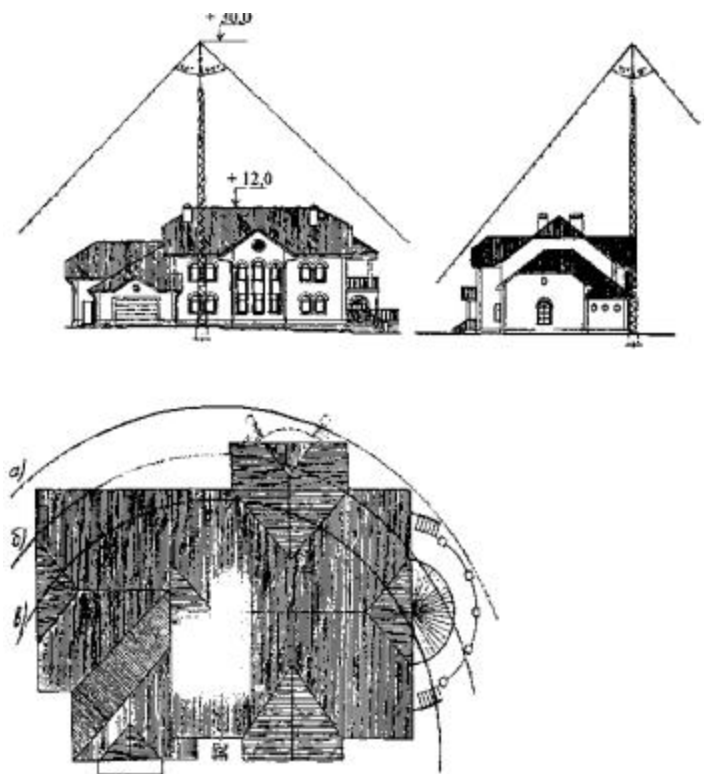


Рисунок 3.1. Пример решения молниезащиты коттеджа с помощью отдельно стоящего стержневого молниеотвода

а) Зона защиты на высоте свеса основной кровли; б) Зона защиты на высоте боковых коньков; в) Зона защиты на высоте конька.

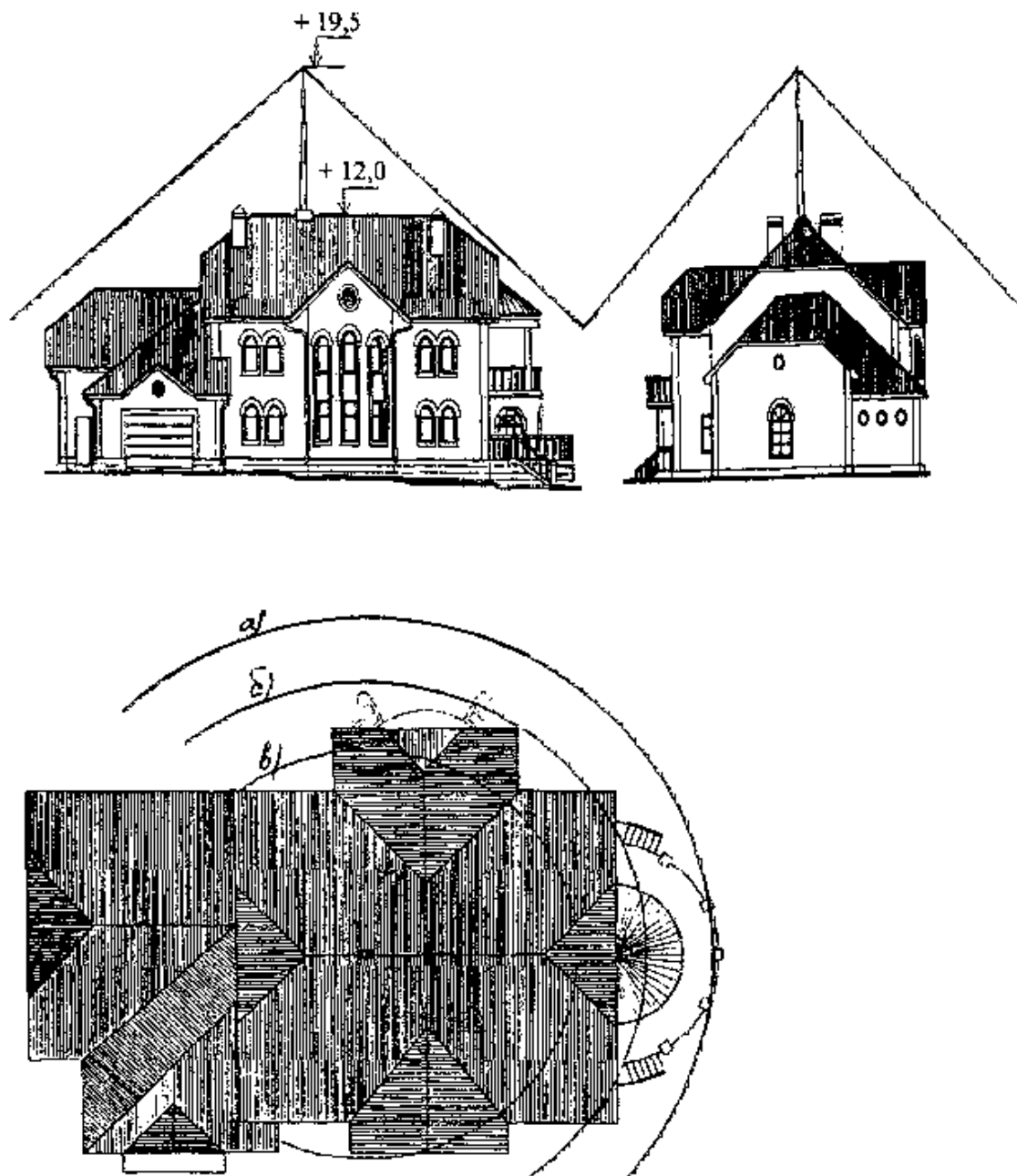


Рисунок 3.2. Пример решения молниезащиты коттеджа с помощью стержневого молниеотвода, установленного на крыше

а) Зона защиты на высоте свеса основной кровли; б) Зона защиты на высоте боковых коньков; в) Зона защиты на высоте конька.

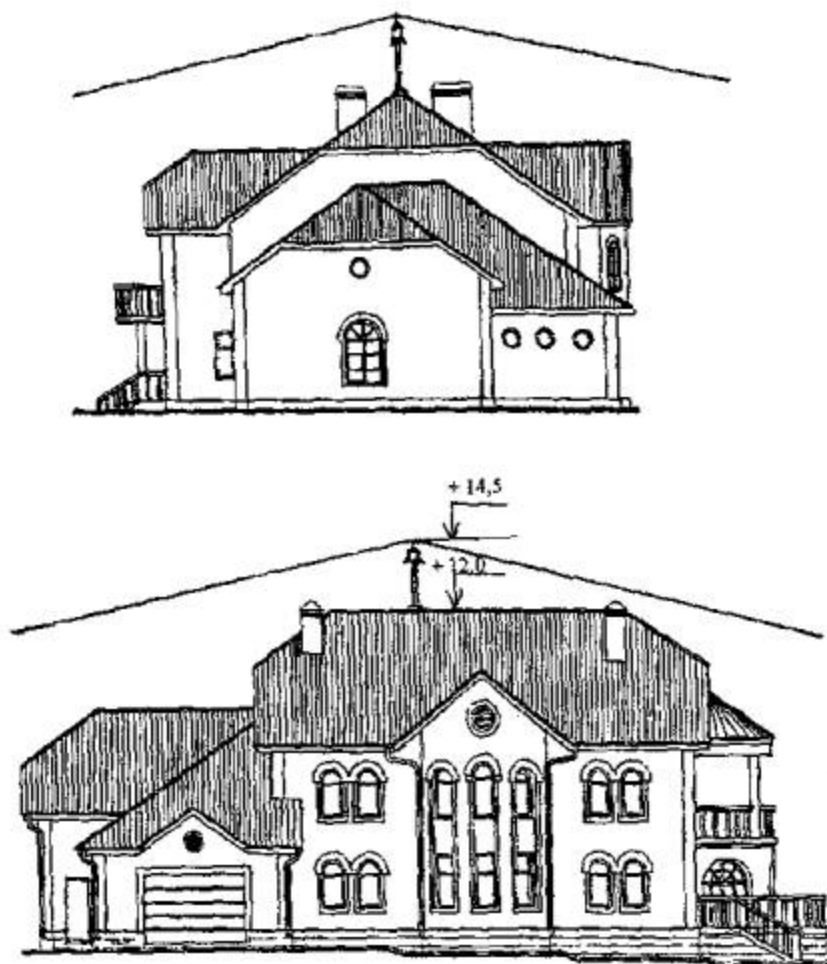


Рисунок 3.3. Пример решения молниезащиты коттеджа с помощью активного молниеотвода, установленного на крыше



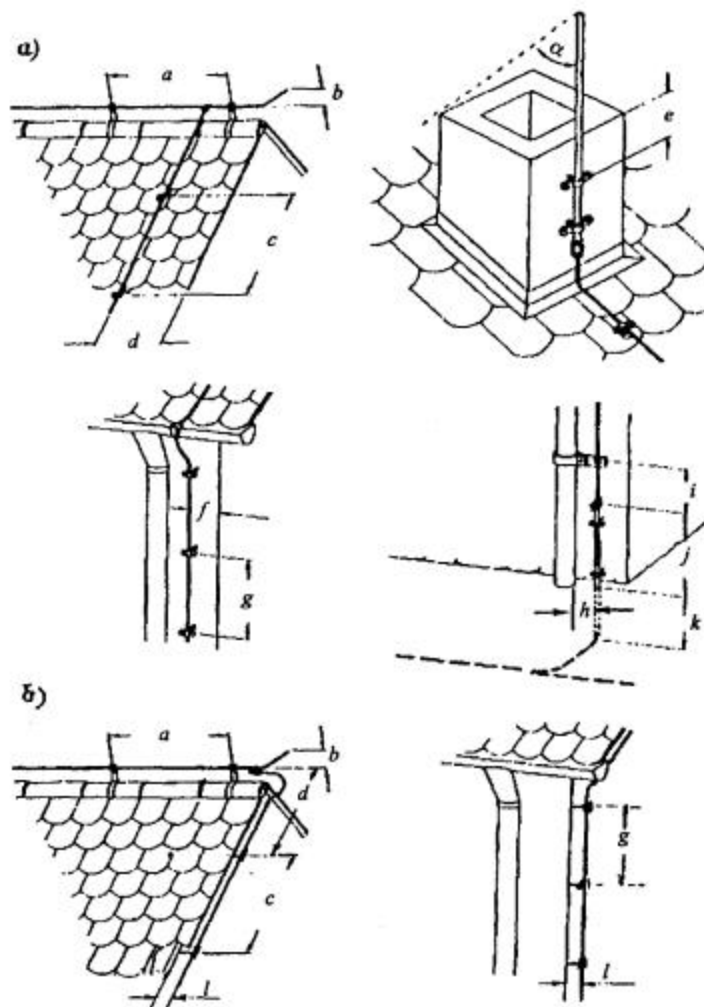


Рисунок 3.4. Примеры крепления элементов струнного молниеотвода

а) к несгораемым поверхностям; б) к сгораемым;

размеры в свету не менее:

$a = 1 \text{ м}$		$d = 0,4 \text{ м}$		$g =$
	1 м		$j = 1,5 \text{ м}$	
$b = 0,15 \text{ м}$		$e = 0,2 \text{ м}$		$h =$
	$0,05 \text{ м}$		$k = 0,5 \text{ м}$	
$c = 1 \text{ м}$		$f = 0,2 \text{ м}$		$i =$
	$0,3 \text{ м}$		$l = 0,1 \text{ м}$	



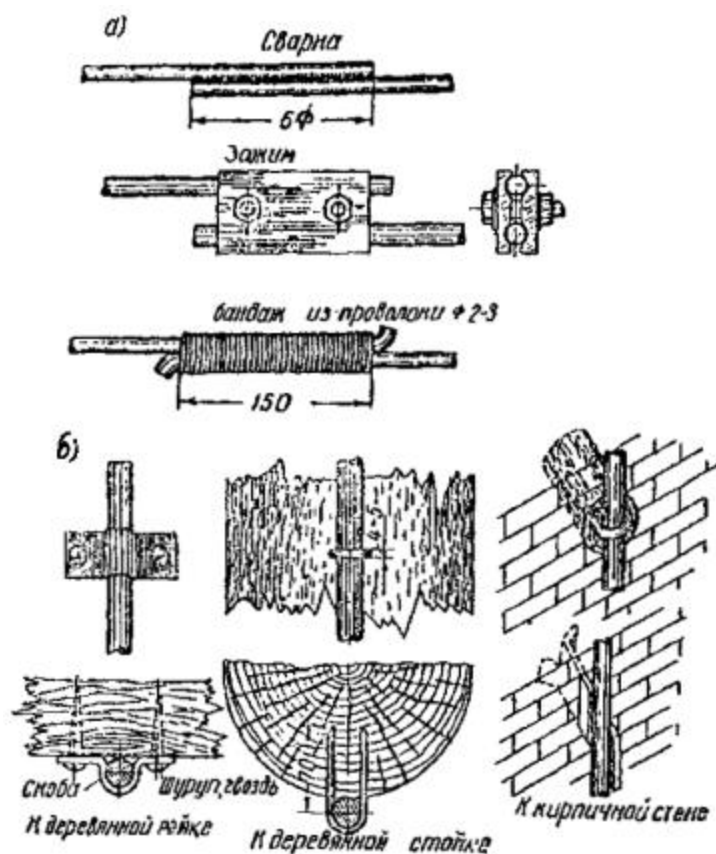


Рисунок 3.5. Соединения (а) и крепления (б) отдельных частей токоотводов (размеры в мм)

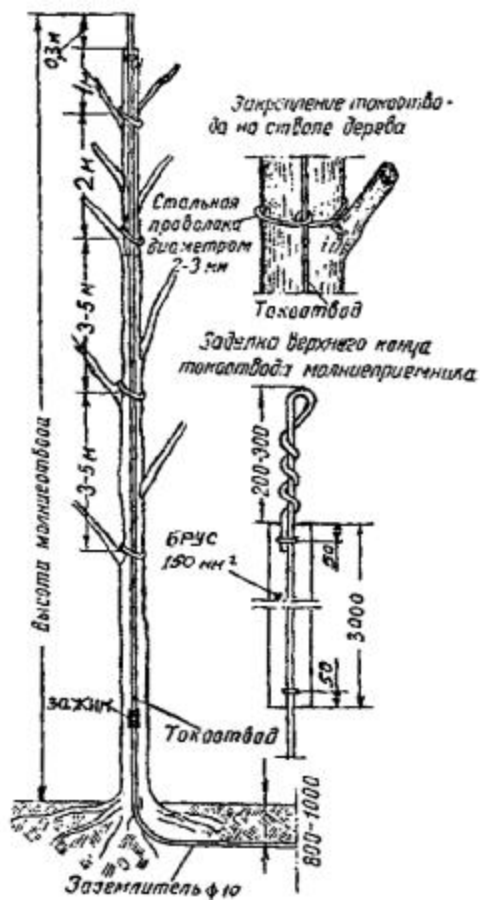


Рисунок 3.6. Крепление токоотвода на дереве

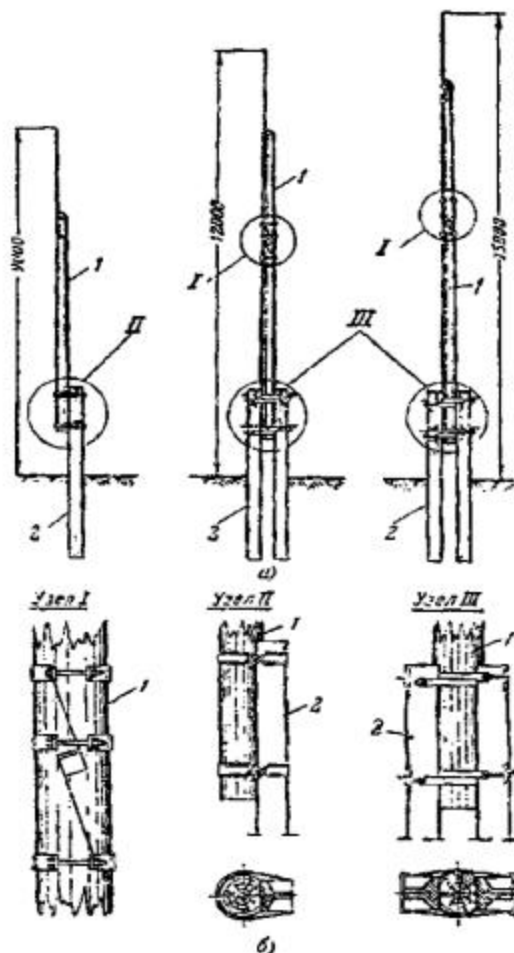


Рисунок 3.7. Несущие конструкции деревянных молниеотводов (а) и узлы деревянных молниеотводов (б):

1 - деревянная стойка; 2 - железобетонный пасынок.

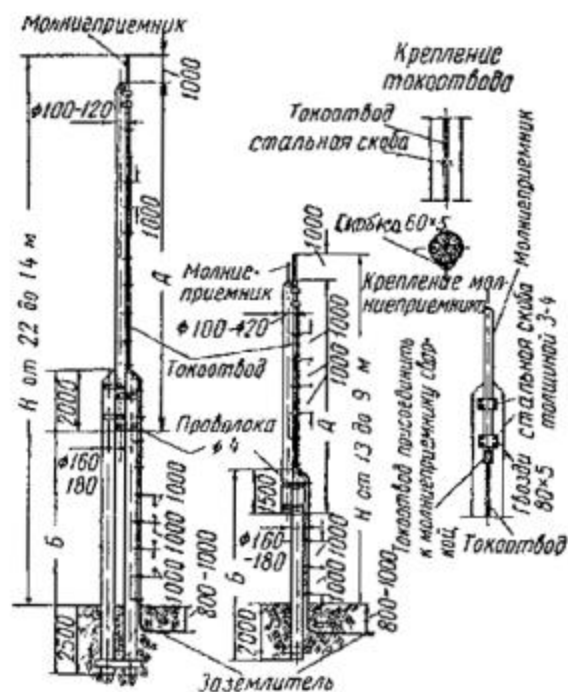


Рисунок 3.8. Стержневые отдельно стоящие молниеотводы на деревянной опоре (размеры в мм)

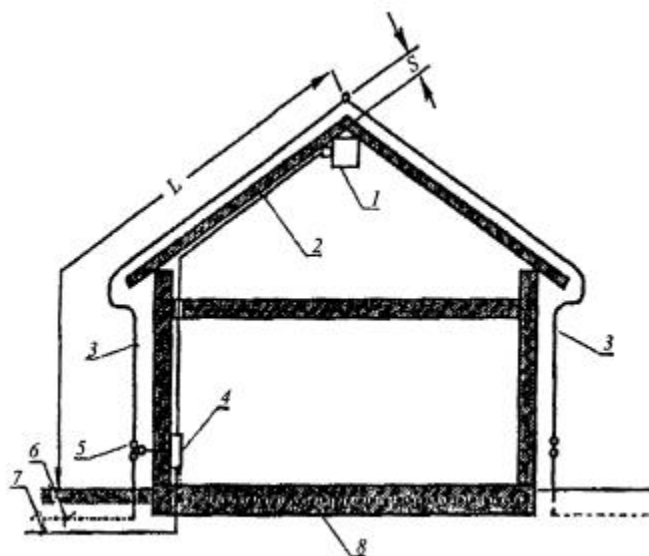


Рисунок 3.9. Пример размещения электрооборудования электроустановки дома при молниезащите сетчатыми, струнными или покровными молниеотводами:

1 - электроприемник; 2 - электропроводка; 3 - токоотвод; 4 - ВРУ или РЩ; 5 - соединительный зажим для замера сопротивления



заземлителя; 6 - заземлитель (искусственный); 7 - кабель ввода;
8 - естественный заземлитель (арматура); L - длина
токоотвода; S - воздушный промежуток между токоотводом и
элементом электроустановки дома.

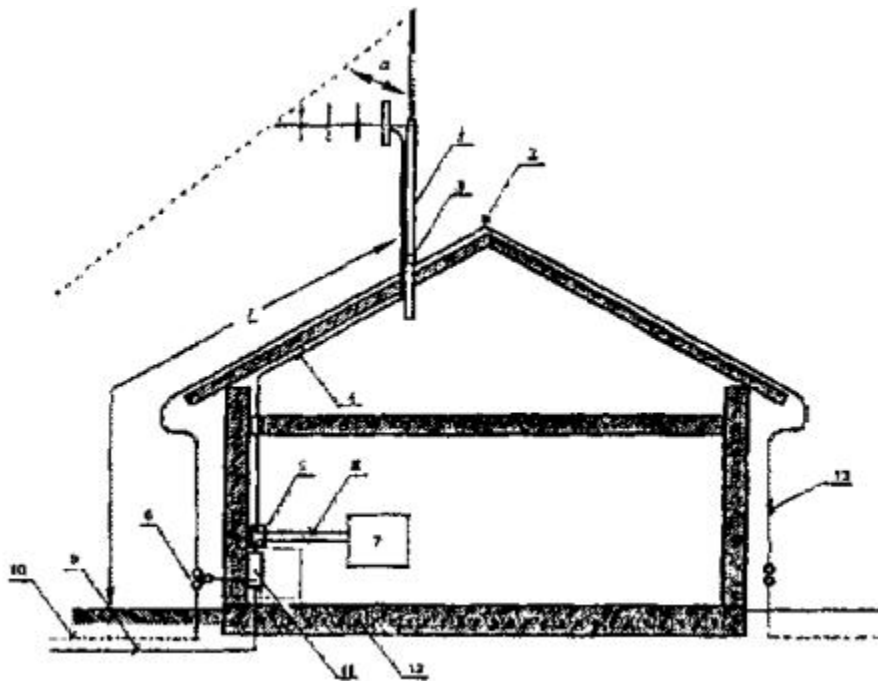


Рисунок 3.10. Пример устройства молниезащиты сетчатыми, струнными или покровными молниеотводами при наличии элементов, возвышающихся над крышей дома:

1 - металлическая стойка антенны с молниеприемником; 2 - молниеприемник сетчатого (струнного) молниеотвода; 3 - зажим присоединения стойки к токоотводу; 4 - кабель антенны; 5 - главная заземляющая шина; 6 - соединительный зажим для замера сопротивления заземлителя; 7 - телевизионное оборудование; 8 - параллельная прокладка кабелей антенны и электропроводки; 9 - кабель ввода; 10 - заземлитель; 11 - ВРУ или РЩ; 12 - заземлитель фундамента; 13 - токоотвод; L - длина токоотвода; ОС - защитный угол.

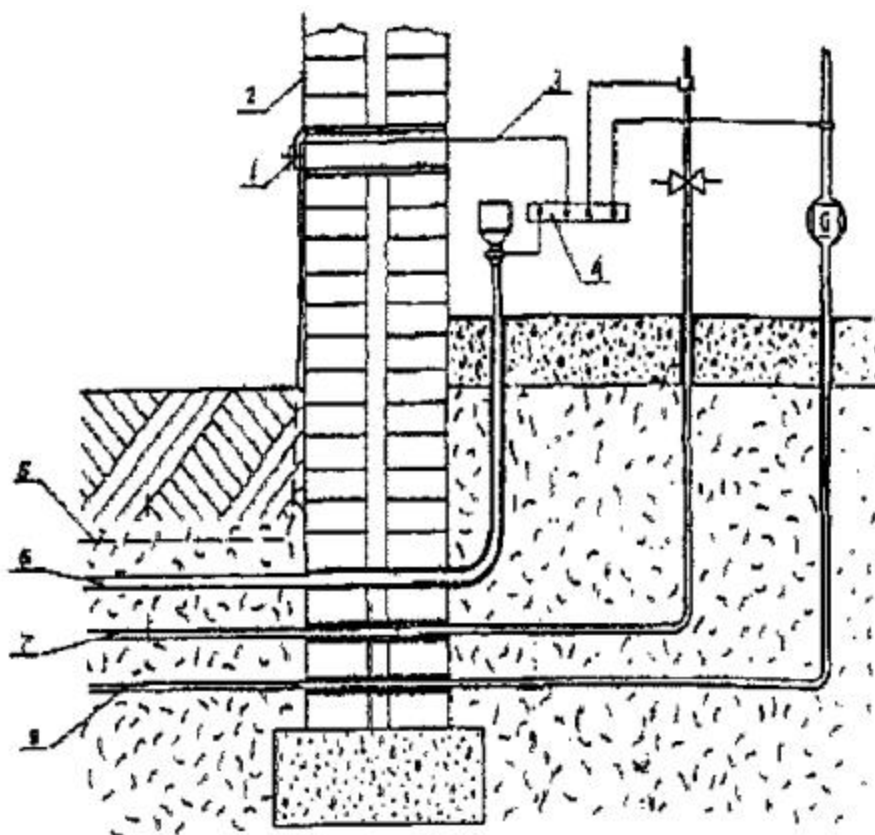


Рисунок 3.11. Пример устройства заземления и уравнивания потенциалов при совмещенной молниезащите дома и использовании искусственного заземлителя:

1 - зажим контроля сопротивления заземлителя; 2 - токоотвод; 3 - заземляющий проводник; 4 - шина заземления (главная заземляющая шина); 5 - заземлитель (искусственный); 6 - кабель ввода; 7 - стальная труба водопровода; 8 - газовая труба.

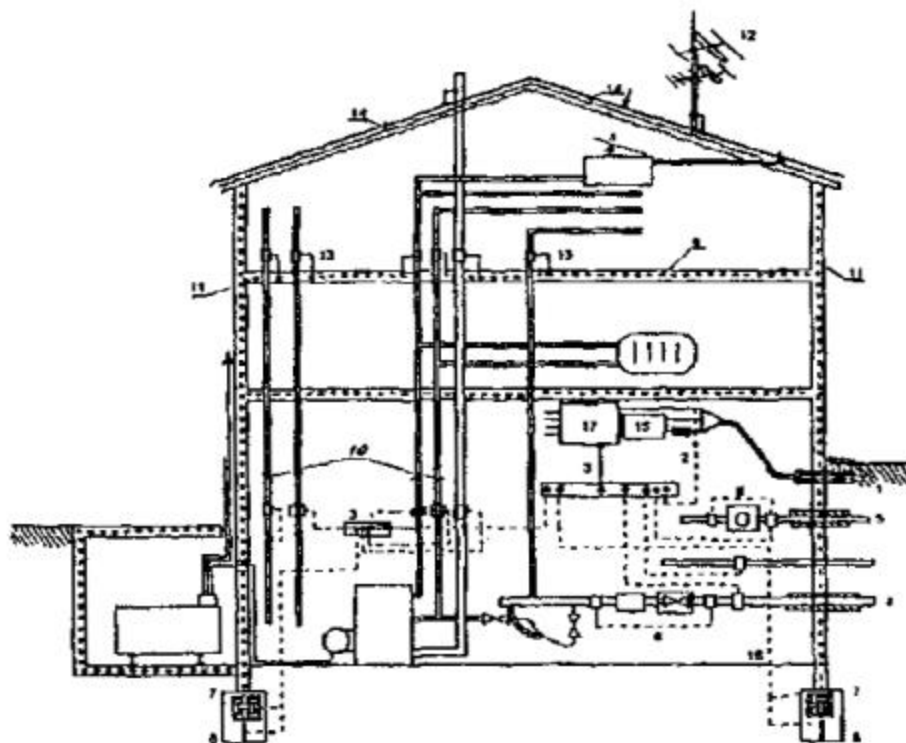


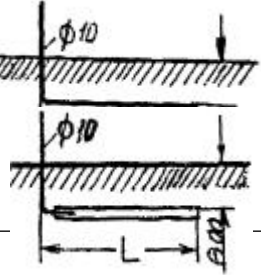
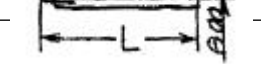
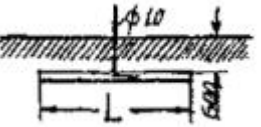

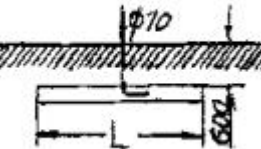
Рисунок 3.12. Пример устройства защитного заземления и уравнивания потенциалов в доме с совмещенной молниезащитой:

1 - кабель ввода; 2 - нулевой защитный РЕ-проводник; 3 - главная заземляющая шина; 4 - стальная труба водопровода; 5 - газовая труба; 6 - обход газового счетчика (водомера); 7 - естественный заземлитель (фундамент); 8 - электрод искусственного заземлителя; 9 - естественный токоотвод (арматура); 10 - металлические трубы; 11 - естественный токоотвод (арматура); 12 - телевизионная антенна с молниеприемником; 13 - устройство уравнивания потенциалов; 14 - молниеприемник (металлическая кровля, сетка); 15 - счетчик электроэнергии; 16 - заземляющий проводник; 17 - распределитель дома.

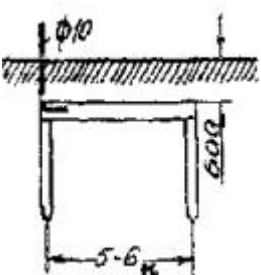
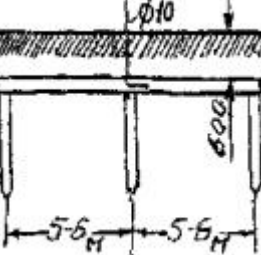
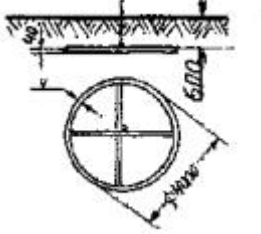
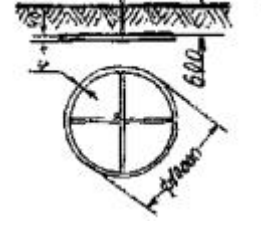
Приложение IV

ПРИМЕРЫ УСТРОЙСТВА ЗАЗЕМЛЕНИЯ



Характеристика заземлителя				Сопротивление, Ом					
Тип и размеры, м	Эскиз	Длина L, м	Материал и размеры, мм	Глина $\rho = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м}$		Суглинок $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$		Супесч. $\rho = 500 \text{ Ом} \cdot \text{м}$	
				R~	Rи	R~	Rи	R~	Rи
Протяжённый. Ввод тока в начало заземлителя		10	Сталь круглая d = 10	7,50	6,80	15,00	10,50	75,00	3
		20		4,40	4,00	8,70	7,60	43,50	3
Протяжённый. Ввод тока в начало заземлителя		10	Сталь полосовая размером 4'20	7,50	6,80	15,00	10,50	75,00	3
		20		4,40	4,00	8,70	7,60	43,50	3
Протяжённый. Ввод тока в середину заземлителя		6	Сталь полосовая размером 4'20	10,10	9,60	19,80	15,80	-	
		10		6,50	6,20	13,00	10,40	65,00	2
Протяжённый. Ввод тока в начало заземлителя		6	Сталь полосовая размером 4'40	10,30	9,30	-	-	-	
		10		7,00	6,30	14,00	9,80	70,00	3
Протяжённый. Ввод тока в середину заземлителя		5	Сталь полосовая размером 4'40	9,50	9,00	19,00	15,20	-	
		10		5,85	5,55	11,70	9,35	55,50	2



Вертикальный. Два электрода L = 2,5; L = 3,0		2,5	Труба стальная	5,50	5,00	11,00	9,10	55,00	2
		3,0	d = 40 ... 60 (сталь угловая сечением 40 ... 60'4)	4,50	4,00	8,10	7,90	45,00	2
Вертикальный. Три электрода L = 2,5; L = 3,0		2,5	Сталь полосовая размером 4'40	3,00	3,00	6,00	5,30	30,00	1
		3,0		2,70	2,70	5,70	5,00	27,00	1
Горизонтальный кольцевой. Ввод тока в центральную часть заземлителя		22	Сталь полосовая размером 4'40	4,50	3,67	9,00	6,35	45,00	1
Горизонтальный кольцевой. Ввод тока в центральную часть заземлителя		53	Сталь полосовая размером 4'40	2,20	2,20	4,40	4,00	22,00	1

СОДЕРЖАНИЕ

[Введение](#)[Глава 1. Общие понятия о молнии и молниезащите](#)

[1.1. Общие понятия](#)

[1.2. Частота поражения молнией земной поверхности](#)

[1.3. Электростатическая индукция](#)

[1.4. Воздействия молнии на дом при прямом разряде](#)

[1.5. Защита домов и приусадебных построек от молнии](#)

[1.6. Защита от проникновения в дом опасных потенциалов по проводам ответвлений от воздушных линий](#)

[1.7. Категории молниезащиты](#)

[Глава 2. Конструктивные элементы устройств молниезащиты](#)

[2.1. Общие положения](#)

[2.2. Молниеприемники](#)

[2.3. Токоотводы](#)

[2.4. Несущие конструкции молниеотводов](#)

[2.5. Заземляющие устройства](#)

[Глава 3. Зоны защиты молниеотводов](#)

[3.1. Общие положения](#)

[3.2. Зоны защиты стержневых молниеотводов](#)

[3.3. Зоны защиты тросовых молниеотводов](#)

[3.4. Зона защиты сетчатого молниеотвода](#)

[3.5. Зона защиты покровного молниеотвода](#)

[3.6. Зона защиты струнного молниеотвода](#)

[3.7. Допустимое расстояние между молниеотводами и защищаемыми зданиями](#)



[Глава 4. Заземление молниеотводов](#)

[4.1. Общие положения](#)

[4.2. Расчет сопротивления заземляющего устройства молниеотвода](#)

[Глава 5. Оценочное определение высоты и зоны защиты стержневых молниеотводов](#)

[Глава 6. Молниезащита подсобных объектов](#)

[6.1. Особенности молниезащиты животноводческих построек](#)

[6.2. Молниезащита стогов](#)

[6.3. Молниезащита палаток](#)

[Список использованных нормативных документов и литературы](#)

[Приложение I извлечение из РД 34.21.122-87](#)

[Приложение 1 Основные термины](#)

[Приложение 2 Характеристики интенсивности грозовой деятельности и грозопоражаемости зданий и сооружений](#)

[Приложение 3* Зоны защиты молниеотводов](#)

[Приложение II Число часов грозовой деятельности](#)

[Приложение III Примеры устройства молниезащиты](#)

[Приложение IV Примеры устройства заземления](#)

