



МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

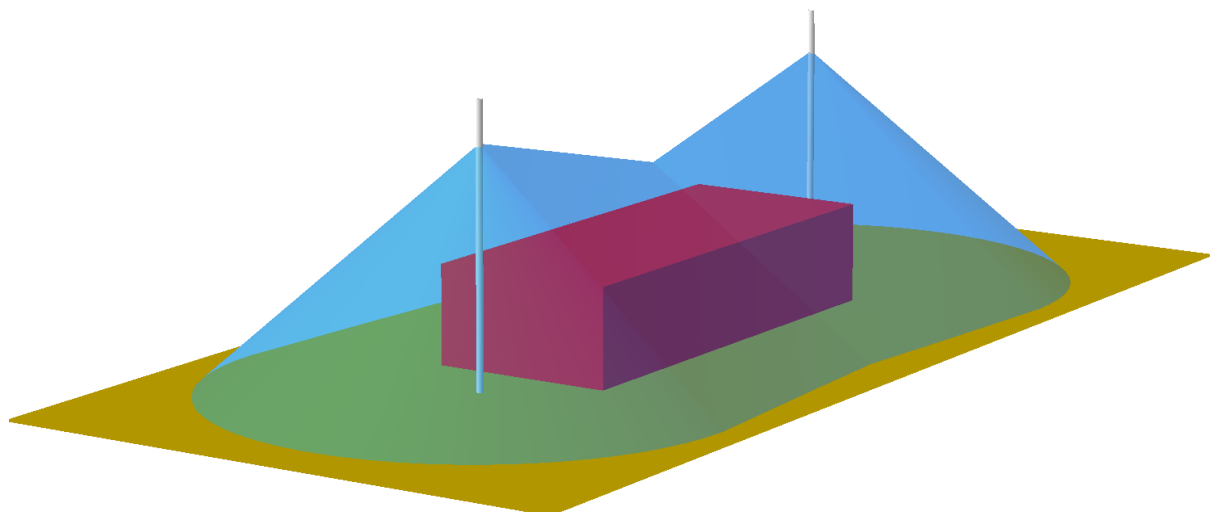
«Уральский институт Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

**Методические указания для выполнения расчетно-графической
работы по дисциплине «Пожарная безопасность электроустановок»**

Специальность 40.05.03 Судебная экспертиза



Екатеринбург
2022

Пожарная безопасность электроустановок [Текст]: метод. указания для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Пожарная безопасность электроустановок». Специальность 40.05.03 Судебная экспертиза / сост. И. Г. Сафронова, Н. В. Шнайдер. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2022. – 39 с.

Составители:

Сафронова И.Г., начальник кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России, кандидат педагогических наук, доцент.

Шнайдер Н.В., доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС Рос-сии, кандидат психологических наук, доцент.

В методических указаниях даны рекомендации по выполнению расчетно-графической работы выполняемой в рамках изучения Темы №4 «Молниезащита и защита от статического электричества» дисциплины «Пожарная безопасность электроустановок». Методические указания содержат порядок выполнения и оформления расчетно-графической работы. Предназначены для обучающихся по специальности 40.05.03 Судебная экспертиза (уровень специалитета).

Рассмотрены, одобрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России, протокол № 13 от 09.06.2022.

© Уральский институт ГПС МЧС России, 2022

© Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ВЗРЫВООПАСНОСТЬ И ПОЖАРООПАСНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОЛНИИ	5
1.1. Классификация зданий и сооружений по молниезащите.....	9
1.2. Молниеотводы: конструктивные типы и характеристики элементов ...	13
ГЛАВА 2. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ГРАФИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ ЗОНЫ ЗАЩИТЫ МОЛНИЕОТВОДОВ	19
2.1. Зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода (по СО 153-34.21.122-2003)	19
2.2. Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода (по СО 153-34.21.122-2003)	21
2.3. Зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода (по РД 34.21.122-87).....	23
2.4. Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода (по РД 34.21.122-87).....	24
2.5. Порядок решения задачи по соответствия высоты молниеотвода для защиты объекта (по СО 153-34.21.122-2003).....	25
2.6. Порядок решения задачи по соответствия высоты молниеотвода для защиты объекта (по РД 34.21.122-87).....	30
ЛИТЕРАТУРА.....	37

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетика является базовой отраслью экономики Российской Федерации. Надежное и эффективное функционирование электроэнергетики, бесперебойное снабжение потребителей – основа поступательного развития экономики страны и неотъемлемый фактор обеспечения цивилизованных условий жизни всех ее граждан. В процессе развития электроэнергетики создана и развивается Единая энергетическая система России, являющаяся общенациональным достоянием и гарантией энергетической безопасности. Основной частью ЕЭС России является единая национальная энергетическая сеть, включающая в себя систему магистральных линий электропередачи, объединяющих большинство регионов страны, и представляющая собой один из элементов гарантии целостности государства. С целью ее сохранения и укрепления, обеспечения единства технологического управления и реализации государственной политики в электроэнергетике создается Федеральная сетевая компания.

Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» определяет основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и устанавливает общие требования пожарной безопасности к объектам защиты. Сотрудники органов государственного пожарного надзора, при осуществлении своей деятельности, контролируют выполнение на объектах надзора требований нормативных документов в том числе и к электроустановкам зданий, сооружений и строений.

Для качественной реализации полномочий представитель органов государственного пожарного надзора при исполнении государственной функции по надзору за выполнением обязательных требований пожарной безопасности в соответствии с действующим законодательством должен иметь и определенные знания в области безопасной и безаварийной эксплуатации систем молниезащиты и защиты от статического электричества на объектах надзора.

ГЛАВА 1. ВЗРЫВООПАСНОСТЬ И ПОЖАРООПАСНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОЛНИИ

Воздействие молнии может быть двояким. Во-первых, оно может поражать здания и установки непосредственно, что называется *прямым ударом*, или *первичным воздействием*. Прямой удар молнии характеризуется непосредственным контактом канала молнии со зданием или сооружением и сопровождается протеканием через него тока молнии. Во-вторых, она может оказывать *вторичные воздействия*, объясняемые электростатической и электромагнитной индукцией, а также заносом высоких потенциалов через надземные и подземные металлические коммуникации, что является следствием прямого удара молнии. Вторичные воздействия создают опасность искрения внутри защищаемого объекта.

Воздействия прямого удара молнии

Прямой удар молнии обуславливает следующие воздействия на объекты: *термические, механические и электрические*. Все эти воздействия могут быть причинами пожаров, взрывов, механических разрушений, перенапряжения на пораженных элементах объекта, проводах и кабелях электрических сетей, поражения людей.

Термические воздействия связаны с резким выделением теплоты при прямом контакте канала молнии с содержимым пораженного объекта и при протекании через объект тока молнии. Канал молнии имеет высокую температуру (30 000°C и выше) и запас тепловой энергии. Выделяемая в канале молнии энергия определяется переносимым зарядом, длительностью протекания и амплитудой тока молнии. В 95 % случаев разрядов молнии эта энергия (в расчете на сопротивление 1 Ом) превышает 5,5 Дж [6], что на несколько порядков превышает минимальную энергию воспламенения газо-, паро- и пылевоздушных смесей. При этом вероятность воспламенения горючей среды зависит не только и не столько от амплитуды тока, сколько от величины и времени протекания длительного тока молнии в ее финальной стадии (ток 100-500 А, время 1-1,5 с).

Особую опасность прямой удар молнии представляет для зданий и наружных установок, где по условиям технологического процесса может образоваться взрывоопасная среда, что встречается редко; чаще она образуется при нарушении технологических процессов, авариях оборудования, вентиляции.

Опасность поражения прямым ударом молнии некоторых наружных взрывоопасных установок связана с проплавлением молнией металлических поверхностей, перегревом их внутренних стенок или воспламенением взрывоопасных смесей паров и газов, выделяющихся через дыхательные и предохранительные клапаны, газоотводные трубы,

свечи. Сюда относятся металлические и железобетонные резервуары со сжиженными горючими газами, многие аппараты наружных технологических установок нефтеперерабатывающих, химических и других объектов.

Тепловые процессы в месте контакта молнии с металлом весьма сложны и плохо поддаются расчету. При упрощении модели этого явления можно предположить, что процесс тепловыделения в зоне контакта аналогичен стационарной электрической дуге. Доказано, что проплавление (прожог) металла установок током молнии возможно лишь при его толщине не более 4 мм.

Пожар или взрыв от прямого удара молнии может произойти и при наличии молниезащиты, если токоотводы имеют значительную протяженность и не предприняты меры по выравниванию потенциалов между ними и металлическими конструкциями здания или технологического оборудования. В противном случае между токоотводом и элементами здания, сохраняющими потенциал, близкий к потенциалу земли, возникает искра – источник взрыва или пожара. К пожару может привести также нарушение целостности токоотвода, проложенного по мягкой кровле или сгораемому утеплителю здания, и тогда в месте разрыва возникает мощная искра.

Пожаро- и взрывоопасность атмосферного электричества может быть обусловлена не только прямым ударом молнии, но и встречными (незавершенными) восходящими лидерами (размер канала составляет несколько десятков сантиметров), температура канала которых может достигать 2 000 – 7 000 К. Развивающиеся, например, от газоотводных и дыхательных труб, они даже при отсутствии разряда молнии могут вызвать воспламенение взрывоопасных смесей паров и газов, сбрасываемых в атмосферу. Такие случаи наблюдаются на нефтехимических предприятиях. Однако каких-либо нормативных мер защиты от указанных явлений не предусмотрено. Вероятность воспламенения сбрасываемых горючих смесей можно снизить примерно в 100 раз, если на устройствах по сбросу укрепить сетку-сферу (электростатический купол) с радиусом 1 м.

Отсутствуют нормативные рекомендации о необходимости учитывать при молниезащите дымовых труб не только их высоту, но часть высоты струи выбрасываемого дыма. Высоту струи дыма над трубой следует принимать до точки, в которой температура горячих газов будет не более 100 °С. Следовательно, защитный уровень трубы будет равным $h_x = h_{тр} + h_{стр}$.

Термическое воздействие токов молнии на проводники вызывает не только их нагрев, но и оплавление. При этом может выделяться такое количество теплоты, которое при недостаточном сечении металла расплавит его или даже испарит. В местах разрыва проводников или плохого электрического контакта обычно появляется искра. При расчете

минимальных сечений исходят из условия, что вся тепловая энергия, выделяемая током молнии, идет на нагрев металла токоотвода. Потерей теплоты в окружающую среду из-за кратковременности этого процесса пренебрегают.

Расчетами определено, что минимальное сечение стальных токоотводов, исключающее расплавление, составляет 16 мм^2 , а медленных – 6 мм^2 . С учетом коррозии металлов их минимальные сечения следует увеличить. В практике имелись случаи, когда от действия молнии токоотводы распадались на куски длиной в несколько сантиметров, что объясняется не только тепловыми, но и электродинамическими усилиями, возникающими в проводниках. В целях повышения механической прочности и увеличения срока службы рекомендуется применять токоотводы сечением не менее 29 мм^2 из круглой стали и 16 мм^2 из меди.

Механические воздействия токов молнии обуславливаются ударной волной, распространяющейся от канала молнии, и электродинамическими силами, действующими на проводники с токами молнии. Это воздействие может быть причиной, например, сплющивания тонких металлических трубок и схлестывания проводников. При поражении молнией сооружений из твердого негорючего материала (камня, кирпича, бетона) наблюдаются местные разрушения как результат динамического действия. Наиболее серьезные из них связаны с электрогидравлическими эффектами при разряде молнии. Если между пораженным участком объекта и землей нет токопроводящих путей, его потенциал по отношению к земле достигает высоких значений и возникает пробой (разряд) по пути наименьшей электрической прочности.

Ток молнии, устремляясь в узкие каналы пробоя, вызывает резкое повышение температуры и испарение (взрыв) в них материала. При этом давление достигает значительных величин, что приводит к взрыву (расщеплению) токонепроводящих частей объекта, например расщепление деревянных сооружений и деревьев, разрушение незащищенных кирпичных дымовых труб, башен. При этом степень разрушения определяется не столько током молнии, сколько содержанием влаги или газогенерирующей способностью пораженного материала. Известны случаи частичного или даже полного разрушения бетонных и железобетонных сооружений. Это можно объяснить плохими контактами в местах соединений стальной арматуры. При надежных контактах арматура железобетонных сооружений может служить хорошим токоотводом для молнии, так как имеет большое общее сечение, исключающее опасные повышения температуры.

Электрические воздействия молнии связаны с поражением людей или животных электрическим током и появлением перенапряжений на пораженных элементах объекта. Перенапряжение пропорционально амплитуде и крутизне тока молнии, индуктивности конструкций и

сопротивлению заземлителей, по которым ток молнии отводится в землю. Даже при выполнении молниезащиты прямые удары молнии с большими токами и крутизной могут привести к перенапряжениям в несколько мегавольт.

При отсутствии молниезащиты пути растекания тока молнии становятся неконтролируемыми и это может увеличить опасность поражения током людей, опасные напряжения шага и прикосновения, а также перекрытия на другие объекты. Поэтому опасно укрываться во время грозы под деревьями, особенно высокими или стоящими отдельно, находиться вблизи металлических труб, мачт, молниеотводов, заземлителей и т. п.

Вторичные воздействия молнии

Под вторичными воздействиями молнии подразумеваются явления во время близких разрядов молнии, сопровождающиеся появлением разностей потенциалов на конструкциях, трубопроводах и проводах внутри помещений и сооружений, не подвергающихся непосредственному прямому удару. Они возникают в результате электростатической и электромагнитной индукции. К ним можно отнести также появление разностей потенциалов внутри помещений вследствие заноса высоких потенциалов через надземные и подземные металлические коммуникации (трубопроводы, кабели, воздушные линии).

Электростатическая индукция. Накопление в грозовом облаке и частичное перемещение зарядов в формирующийся канал молнии в ее начальной стадии вызывает скопление связанных зарядов противоположного знака на поверхности земли и наземных объектов. Развитие этих процессов происходит относительно медленно, поэтому перемещение зарядов не вызывает внутри наземных объектов заметных разностей потенциалов, несмотря на высокие сопротивления утечки. В стадии главного разряда освобождение связанных зарядов происходит настолько быстро, что могут возникнуть существенные разности потенциалов между металлическими конструкциями и землей, вызванные протеканием токов через большие сопротивления утечки. Разности потенциалов даже при ударах молнии на расстоянии 100 м от здания могут достигать десятков и сотен киловольт и вызывать искры в воздушных промежутках. Несмотря на малую энергию, искры могут быть причиной взрывов в помещениях со взрывоопасными концентрациями горючих смесей газов, паров и пылей.

На таких устройствах, как провода воздушных линий (электрических линий связи), освободившиеся заряды распространяются в виде волн и создают напряжения по отношению к земле в десятки и сотни киловольт, способные вызывать в них мощные искровые разряды.

Электромагнитная индукция. Разряд молнии сопровождается появлением в пространстве быстро изменяющегося во времени магнитного поля, индуцирующего ЭДС, способную вызвать искрообразование в контурах из различных протяженных металлических предметов (трубопроводов, воздуховодов, проводов, кабелей). При полностью замкнутом контуре индуцированная ЭДС вызовет электрический ток и небольшое нагревание его элементов, не представляющее, как правило, какой-либо опасности.

Контур может быть незамкнутым или иметь плохие контакты в местах соединений (во фланцах трубопроводов), где ЭДС и может вызвать искрение. Величина электродвижущей силы электромагнитной индукции зависит от параметров тока молнии, размера и конфигурации контура и их взаимного расположения.

Значительное число пожаров нефтяных цистерн, резервуаров и складских емкостей обусловлено вторичным (индуцированным) воздействием, а не прямым ударом молнии. Пожары являются результатом искр, генерированных в емкостях с горючими паровоздушными смесями. Для оценки пожаро- и взрывоопасности вторичных воздействий молнии были проведены исследования воспламеняющей способности электрических искр, обуславливаемых электромагнитной индукцией и нагревом мест плохих контактов [7]. Исследования проводились в полевых и лабораторных условиях.

Заносы высоких потенциалов в здания возможны по рельсовым путям, эстакадам, подземным трубопроводам, кабелям и другим протяженным металлическим коммуникациям и могут сопровождаться мощными электрическими разрядами не только при прямом ударе молнии, но и в том случае, когда эти коммуникации расположены вблизи элементов молниеотводов. Значительное повышение потенциала на молниеотводе при прямом ударе молнии может вызвать перекрытие изоляции по воздуху, земле или дереву на части указанных коммуникаций. Искрообразование внутри взрывоопасных зданий, обуславливаемое заносом высокого потенциала по коммуникациям, является источником взрыва и представляет серьезную опасность для людей.

1.1. Классификация зданий и сооружений по молниезащите

Тяжесть опасных последствий прямого удара молнии при ее термических, механических и электрических воздействиях, а также искрениях и перекрытиях, вызванных другими видами воздействий, зависит от конструктивно-планировочных особенностей зданий и сооружений и пожаро-взрывоопасности технологического процесса. Например, в производствах, постоянно связанных с наличием открытого пламени, при применении негорючих материалов и конструкций

протекание тока молнии не представляет большой опасности. Однако наличие внутри объекта взрывоопасной или пожароопасной среды создает угрозу пожара, разрушений, человеческих жертв, больших материальных убытков.

При таком разнообразии конструктивных и технологических условий предъявлять одинаковые требования к молниезащите всех объектов означало бы или предусматривать чрезмерные излишества, или мириться с неизбежностью значительных убытков, вызванных последствиями поражения молнией.

Поэтому в инструкции принят дифференцированный подход к устройству молниезащиты различных объектов, в связи с чем – по устройству молниезащиты здания и сооружения разделены на объекты, отличающиеся по тяжести возможных последствий поражения молнией.

Опасное искрение – недопустимый электрический разряд внутри защищаемого объекта, вызванный ударом молнии.

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

Защищаемый объект – здание или сооружение, их часть или пространство, для которых выполнена молниезащита, отвечающая требованиям настоящего норматива.

Классификация объектов определяется по опасности ударов молнии для самого объекта и его окружения.

Непосредственное опасное воздействие молнии – это пожары, механические повреждения, травмы людей и животных, а также повреждения электрического и электронного оборудования. Последствиями удара молнии могут быть взрывы твердых, жидких и газообразных материалов и веществ и выделение опасных продуктов – радиоактивных и ядовитых химических веществ, а также бактерий и вирусов.

Удары молнии могут быть особо опасны для информационных систем, систем управления, контроля и электроснабжения. Для электронных устройств, установленных в объектах разного назначения, требуется специальная защита.

Рассматриваемые объекты могут подразделяться на обычные и специальные (Таблица 1.1).

**Классификация зданий и сооружений по молниезащите согласно
СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты
зданий, сооружений и промышленных коммуникаций»**

Таблица 1.1

Обычные объекты	Специальные объекты
жилые и административные строения, а также здания и сооружения высотой не более 60 м, предназначенные для торговли, промышленного производства, сельского хозяйства (жилой дом, ферма, театр, школа, универмаг, спортивное сооружение, банк, больница и др.)	1) объекты с ограниченной опасностью (средства связи; электростанции; пожароопасные производства) 2) объекты, представляющие опасность для непосредственного окружения (нефтеперерабатывающие предприятия; заправочные станции; производства петард и фейерверков); 3) объекты, представляющие опасность для социальной и физической окружающей среды (объекты, которые при поражении молнией могут вызвать вредные биологические, химические и радиоактивные выбросы), (химический завод; атомная электростанция; биохимические фабрики и лаборатории); 4) прочие объекты, для которых может предусматриваться специальная молниезащита, например строения высотой более 60 м, игровые площадки, временные сооружения, строящиеся объекты.

В таблице 1.2 даны примеры разделения объектов на четыре класса.

Таблица 1.2

Примеры классификации объектов

Объект	Тип объекта	Последствия удара молнии
Обычные объекты	Жилой дом	Отказ электроустановок, пожар и повреждение имущества. Обычно небольшое повреждение предметов, расположенных в месте удара молнии или задетых ее каналом
	Ферма	Первоначально – пожар и занос опасного напряжения, затем – потеря электропитания с риском гибели животных из-за отказа электронной системы управления вентиляцией, подачи корма и т.д.
	Театр; школа; универмаг; спортивное сооружение	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий

Объект	Тип объекта	Последствия удара молнии
Обычные объекты	Банк; страховая компания; коммерческий офис	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий. Потери средств связи, сбои компьютеров с потерей данных
	Больница; детский сад; дом престарелых	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий. Потери средств связи, сбои компьютеров с потерей данных. Наличие тяжелобольных и необходимость помощи неподвижным людям
	Промышленные предприятия	Дополнительные последствия, зависящие от условий производства, – от незначительных повреждений до больших ущербов из-за потерь продукции
	Музеи и археологические памятники	Невосполнимая потеря культурных ценностей
Специальные объекты с ограниченной опасностью	Средства связи; электростанции; пожароопасные производства	Недопустимое нарушение коммунального обслуживания (телекоммуникаций). Косвенная опасность пожара для соседних объектов
Специальные объекты, представляющие опасность для непосредственного окружения	Нефтеперерабатывающие предприятия; заправочные станции; производства петард и фейерверков	Пожары и взрывы внутри объекта и в непосредственной близости
Специальные объекты, опасные для экологии	Химический завод; атомная электростанция; биохимические фабрики и лаборатории	Пожар и нарушение работы оборудования с вредными последствиями для окружающей среды

Классификация зданий и сооружений по молниезащите согласно РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений»

I категория – здания и сооружения или их части с взрывоопасными зонами классов В-I и В-II по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ-86). В них хранятся или содержатся постоянно, либо появляются во время производственного процесса смеси газов, паров или пыли горючих веществ с воздухом или иными окислителями, способные взорваться от электрической искры.

II категория – здания и сооружения или их части, в которых имеются взрывоопасные зоны классов В-Iа, В-Iб, В-IIа согласно ПУЭ. В них взрывоопасные смеси могут появляться лишь при аварии или неисправностях в технологическом процессе. К этой категории принадлежат также наружные технологические установки и склады, содержащие взрывоопасные газы и пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (газгольдеры, цистерны и резервуары, сливно-наливные эстакады), отнесенные по ПУЭ к взрывоопасным зонам класса В-Iг.

III категория – несколько вариантов зданий, в том числе: здания и сооружения с пожароопасными зонами классов П-I, П-II и П-IIа согласно ПУЭ; наружные технологические установки, открытые склады горючих веществ, где применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С или твердые горючие вещества, отнесенные по ПУЭ к зоне класса П-III.

1.2. Молниеотводы: конструктивные типы и характеристики элементов

Устройство молниезащиты – система, позволяющая защитить здание или сооружение от воздействий молнии. Она включает в себя внешние (снаружи здания или сооружения) и внутренние (внутри здания или сооружения) устройства. В частных случаях молниезащита может содержать только внешние или только внутренние устройства.

Устройства защиты от прямых ударов молнии (молниеотводы) – комплекс, состоящий из молниеприемников, токоотводов и заземлителей.

Устройства защиты от вторичных воздействий молнии – устройства, ограничивающие воздействия электрического и магнитного полей молнии.

Устройства для уравнивания потенциалов – элементы устройств защиты, ограничивающие разность потенциалов, обусловленную растеканием тока молнии.

Комплекс средств молниезащиты зданий или сооружений включает в себя устройства защиты от прямых ударов молнии [внешняя молниезащитная система (МЗС)] и устройства защиты от вторичных воздействий молнии (внутренняя МЗС).

В частных случаях молниезащита может содержать только внешние или только внутренние устройства. В общем случае часть токов молнии протекает по элементам внутренней молниезащиты.

Внешняя МЗС может быть изолирована от сооружения (отдельно стоящие молниеотводы – стержневые или тросовые, а также соседние сооружения, выполняющие функции естественных молниеотводов) или может быть установлена на защищаемом сооружении и даже быть его частью.

Внутренние устройства молниезащиты предназначены для ограничения электромагнитных воздействий тока молнии и предотвращения искрений внутри защищаемого объекта.

Молниеотводы: конструктивные типы и характеристики элементов

Внешняя МЗС в общем случае состоит из молниеприемников, токоотводов и заземлителей.

Молниеприемник – часть молниеотвода, предназначенная для перехвата молний.

Молниеприемники могут состоять из произвольной комбинации следующих элементов: стержней, натянутых проводов (тросов), сетчатых проводников (сеток).

Молниеприемники могут быть специально установленными, в том числе на объекте, либо их функции выполняют конструктивные элементы защищаемого объекта, в последнем случае они называются естественными молниеприемниками.

Следующие конструктивные элементы зданий и сооружений могут рассматриваться как естественные молниеприемники:

- а) металлические кровли защищаемых объектов при условии, что:
 - электрическая непрерывность между разными частями обеспечена на долгий срок;
 - толщина металла кровли составляет не менее значения t , приведенного в табл. 3.2, если необходимо предохранить кровлю от повреждения или прожога;
 - толщина металла кровли составляет не менее 0,5 мм, если ее необязательно защищать от повреждений и нет опасности воспламенения находящихся под кровлей горючих материалов;
 - кровля не имеет изоляционного покрытия. При этом небольшой слой антикоррозионной краски или слой 0,5 мм асфальтового покрытия, или слой 1 мм пластикового покрытия не считается изоляцией;

- неметаллические покрытия на/или под металлической кровлей не выходят за пределы защищаемого объекта;
- б) металлические конструкции крыши (фермы, соединенная между собой стальная арматура);
- в) металлические элементы типа водосточных труб, украшений, ограждений по краю крыши и т.п., если их сечение не меньше значений, предписанных для обычных молниеприемников;
- г) технологические металлические трубы и резервуары, если они выполнены из металла толщиной не менее 2,5 мм и проплавление или прожог этого металла не приведут к опасным или недопустимым последствиям;
- д) металлические трубы и резервуары, если они выполнены из металла толщиной не менее значения /, приведенного в табл. 1.3, и если повышение температуры с внутренней стороны объекта в точке удара молнии не представляет опасности.

Таблица 1.3.

Толщина кровли, трубы или корпуса резервуара, выполняющих функции естественного молниеприемника

Уровень защиты	Материал	Толщина t не менее, мм
I-IV	Железо	4
I-IV	Медь	5
I-IV	Алюминий	7

Токоотвод (спуск) – часть молниеотвода, предназначенная для отвода тока молнии от молниеприемника к заземлителю.

В целях снижения вероятности возникновения опасного искрения токоотводы располагаются таким образом, чтобы между точкой поражения и землей:

- а) ток растекался по нескольким параллельным путям;
- б) длина этих путей была ограничена до минимума.

Инструкцией регламентируется расположение токоотводов в устройствах молниезащиты, изолированных от защищаемого объекта и при выполнении неизолированных устройствах молниезащиты.

Если молниеприемник состоит из стержней, установленных на отдельно стоящих опорах (или одной опоре), на каждой опоре предусматривается не менее одного токоотвода.

Если молниеприемник состоит из отдельно стоящих горизонтальных проводов (тросов) или из одного провода (троса), на каждом конце провода (троса) выполняется не менее одного токоотвода.

Если молниеприемник представляет собой сетчатую конструкцию, подвешенную над защищаемым объектом, на каждой ее опоре

выполняется не менее одного токоотвода. Общее количество токоотводов принимается не менее двух.

Токоотводы при выполнении незащищенных устройств молниезащиты располагаются по периметру защищаемого объекта таким образом, чтобы среднее расстояние между ними было не меньше значений, приведенных в табл. 1.4.

Таблица 1.4.

Средние расстояния между токоотводами в зависимости от уровня защищенности

Уровень защиты	Среднее расстояние, м
I	10
II	15
III	20
IV	25

Токоотводы соединяются горизонтальными поясами вблизи поверхности земли и через каждые 20 м по высоте здания.

Указания по размещению токоотводов

Желательно, чтобы Токоотводы равномерно располагались по периметру защищаемого объекта. По возможности они прокладываются вблизи углов зданий. Не изолированные от защищаемого объекта токоотводы прокладываются следующим образом:

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

Не следует прокладывать токоотводы в водосточных трубах. Рекомендуется размещать токоотводы на максимально возможных расстояниях от дверей и окон.

Токоотводы прокладываются по прямым и вертикальным линиям, так чтобы путь до земли был по возможности кратчайшим. Не рекомендуется прокладка токоотводов в виде петель.

Следующие конструктивные элементы зданий могут считаться естественными токоотводами:

- а) металлические конструкции при условии, что:

- электрическая непрерывность между разными элементами является долговечной и соответствует требованиям п. 3.2.4.2 ;
- они имеют не меньшие размеры, чем требуются для специально предусмотренных токоотводов.

Металлические конструкции могут иметь изоляционное покрытие;

- б) металлический каркас здания или сооружения;
- в) соединенная между собой стальная арматура здания или сооружения;
- г) части фасада, профилированные элементы и опорные металлические конструкции фасада при условии, что:

- их размеры соответствуют указаниям, относящимся к токоотводам, а их толщина составляет не менее 0,5 мм;

- металлическая арматура железобетонных строений считается обеспечивающей электрическую непрерывность, если она удовлетворяет следующим условиям:

- примерно 50 % соединений вертикальных и горизонтальных стержней выполнены сваркой или имеют жесткую связь (болтовое крепление, вязка проволокой);
- электрическая непрерывность обеспечена между стальной арматурой различных заранее заготовленных бетонных блоков и арматурой бетонных блоков, подготовленных на месте.

В прокладке горизонтальных поясов нет необходимости, если металлические каркасы здания или стальная арматура железобетона используются как токоотводы.

Заземляющее устройство – совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлитель – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

Во всех случаях, за исключением использования отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель молниезащиты совмещается с заземлителями электроустановок и средств связи. Если эти заземлители разделяются по каким-либо технологическим соображениям, их следует объединить в общую систему с помощью системы уравнивания потенциалов.

Специально прокладываемые заземляющие электроды. Целесообразно использовать следующие типы заземлителей: один или несколько контуров, вертикальные (или наклонные) электроды, радиально расходящиеся электроды или заземляющий контур, уложенный на дне котлована, заземляющие сетки.

Сильно заглубленные заземлители оказываются эффективными, если удельное сопротивление грунта уменьшается с глубиной и на большой глубине оказывается существенно меньше, чем на уровне обычного расположения.

Заземлитель в виде наружного контура предпочтительно прокладывать на глубине не менее 0,5 м от поверхности земли и на расстоянии не менее 1 м от стен. Заземляющие электроды должны располагаться на глубине не менее 0,5 м за пределами защищаемого объекта и быть как можно более равномерно распределенными; при этом надо стремиться свести к минимуму их взаимное экранирование.

Глубина закладки и тип заземляющих электродов выбираются по условию обеспечения минимальной коррозии, а также возможно меньшей сезонной вариации сопротивления заземления в результате высыхания и промерзания грунта.

Естественные заземляющие электроды

В качестве заземляющих электродов может использоваться соединенная между собой арматура железобетона или иные подземные металлические конструкции, отвечающие требованиям п. 3.2.2.5. Если арматура железобетона используется как заземляющие электроды, повышенные требования предъявляются к местам ее соединений, чтобы исключить механическое разрушение бетона. Если используется преднапряженный бетон, следует учесть возможные последствия протекания тока молнии, который может вызвать недопустимые механические нагрузки.

Крепление и соединения элементов внешней МЗС

Крепление. Молниеприемники и токоотводы жестко закрепляются, так чтобы исключить любой разрыв или ослабление крепления проводников под действием электродинамических сил или случайных механических воздействий (например, от порыва ветра или падения снежного пласта).

Соединения. Количество соединений проводника сводится к минимальному. Соединения выполняются сваркой, пайкой, допускается также вставка в зажимной наконечник или болтовое крепление.

Заземляющий контур – заземляющий проводник в виде замкнутой петли вокруг здания в земле или на ее поверхности.

Сопротивление заземляющего устройства – отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

Отдельно стоящий молниеотвод – молниеотвод, молниеприемники и токоотводы которого расположены таким образом, чтобы путь тока молнии не имел контакта с защищаемым объектом.

Молниеотвод, установленный на защищаемом объекте, – молниеотвод, молниеприемники и токоотводы которого расположены таким образом, что часть тока молнии может растекаться через защищаемый объект или его заземлитель.

Токи молнии, попадающие в молниеприемники, отводятся в заземлитель через систему токоотводов (спусков) и растекаются в земле.

ГЛАВА 2. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ГРАФИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ ЗОНЫ ЗАЩИТЫ МОЛНИЕОТВОДОВ

Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом; к этому комплексу относятся также средства защиты, предохраняющие объект от вторичных воздействий молнии и заноса высокого потенциала.

Средством защиты от прямых ударов молнии служит молниеотвод – устройство, воспринимающее удар молнии, рассчитанное на непосредственный контакт с каналом молнии и отводящее её ток в землю.

Защитное действие молниеотвода основано на свойстве молнии с большей вероятностью поражать более высокие и хорошо заземлённые предметы по сравнению с расположенными рядом объектами меньшей высоты. Поэтому на молниеотвод, возвышающийся над защищаемым объектом, возлагается функция перехвата молний, которые в отсутствие молниеотвода поразили бы объект.

Зона защиты молниеотвода – пространство, внутри которого здание (сооружение) защищено от прямых ударов молнии с надёжностью не ниже определённого значения. Наименьшей и постоянной надёжностью обладает поверхность зоны защиты; в глубине зоны защиты надёжность выше, чем на её поверхности.

2.1. Зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода (по СО 153-34.21.122-2003)

Зона защиты *одиночного стержневого молниеотвода* представляет собой круговой конус высотой $h_0 < h$, вершина которого совпадает с вертикальной осью молниеотвода (рис. 2.1). Габариты зоны определяются двумя параметрами: высотой конуса h_0 и радиусом конуса на уровне земли r_0 . При этом в расчётах молниезащиты приняты следующие обозначения:

h – высота молниеотвода;

h_{min} – минимальная высота молниеотвода, определяемая проверочным расчётом, которая обеспечивает защиту объекта от прямых ударов молнии с заданной надёжностью;

$h_{зад}$ – заданная высота молниеотвода;

h_0 – высота зоны защиты (высота кругового конуса);

r_0 – радиус зоны защиты на уровне земли (круг радиусом r_0 – основание кругового конуса);

h_x – высота здания (сооружения);

r_x – радиус зоны защиты на уровне высоты здания (расстояние от молниеотвода до наиболее удалённой от него точки здания (сооружения), которая, как минимум, должна быть на образующей конуса – зоны защиты;

$r_{x \min}$ – расстояние от стержневого молниеотвода до наиболее удалённой точки здания (сооружения) на уровне высоты здания (радиус зоны защиты на уровне высоты здания), которое соответствует минимальной высоте молниеотвода.

Приведенные ниже расчетные формулы (табл. 2.1) пригодны для молниеотводов высотой до 150 м. При более высоких молниеотводах следует пользоваться специальной методикой расчета.

Для зоны защиты требуемой надежности (рис. 2.1) радиус горизонтального сечения r_x на высоте h_x определяется по формуле:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}. \quad (2.1)$$

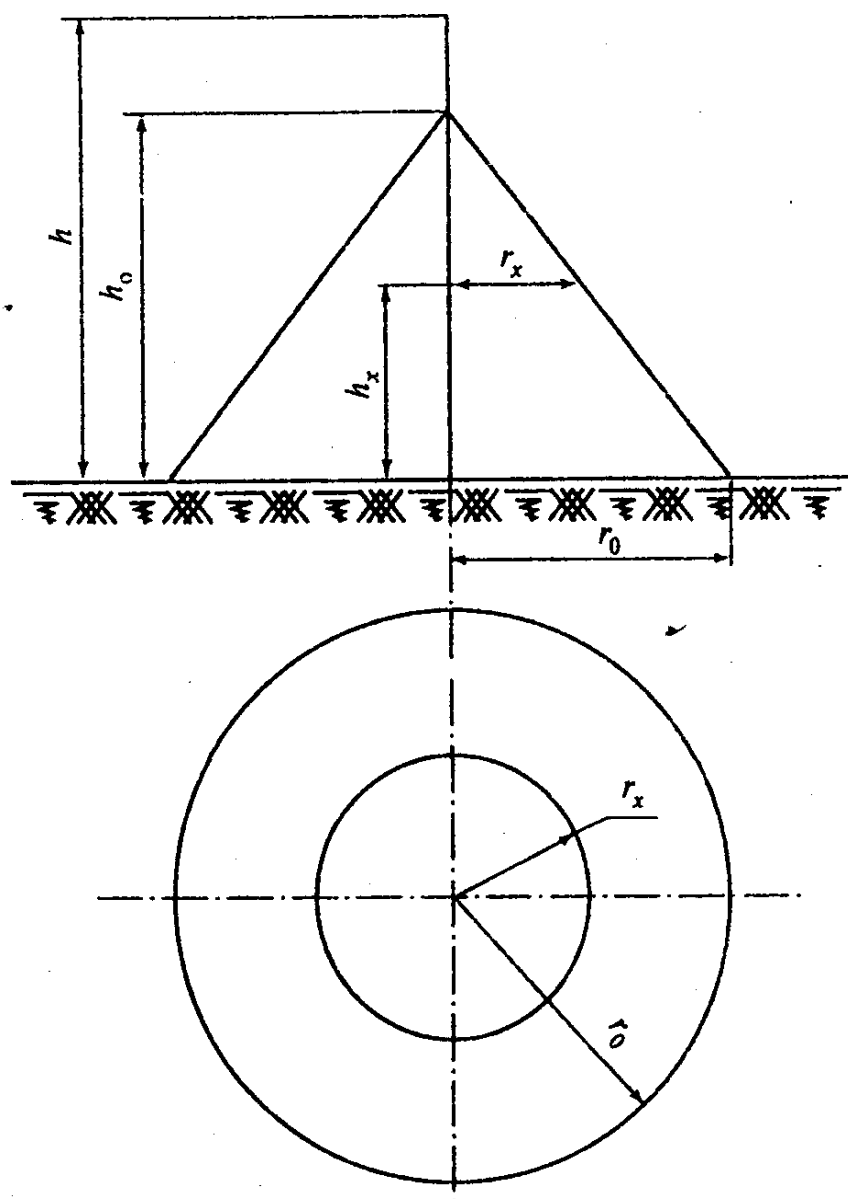


Рис. 2.1. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Таблица 2.1.

Расчет зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Надежность защиты P_z ,	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	от 0 до 100	$0,85h$	$1,2h$
	от 100 до 150	$0,85h$	$[1,2 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$
0,99	от 0 до 30	$0,8h$	$0,8h$
0,99	от 30 до 100	$0,8h$	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	от 100 до 150	$[0,8 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$0,7h$
0,999	от 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
	от 30 до 100	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	от 100 до 150	$[0,65 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$

2.2. Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода (по СО 153-34.21.122-2003)

Зона защиты *одиночного тросового молниеотвода* представляет собой следующее. В торцевых частях здания (сооружения) – это половинки кругового конуса; в середине между опорами – это двухскатная поверхность, которая в сечении имеет вид равнобедренного треугольника высотой равной высоте зоны защиты.

При этом в расчётах молниезащиты приняты следующие обозначения:

h – высота молниеотвода – высота троса в середине пролёта;

h_{min} – минимальная высота молниеотвода, определяемая расчётом, которая обеспечивает защиту объекта от прямых ударов молнии с заданной надёжностью;

$h_{зад}$ – заданная высота молниеотвода;

h_0 – высота зоны защиты; на торцах здания (сооружения) – это высота круговых конусов; в середине между опорами – это высота двухскатной поверхности;

r_0 – радиус зоны защиты на уровне земли в торцевой части здания (сооружения); половина ширины зоны защиты на уровне земли в середине здания (сооружения);

h_x – высота здания, сооружения;

r_x – радиус зоны защиты на уровне высоты здания (сооружения) в торцевой его части; половина ширины зоны защиты на уровне высоты здания (сооружения) в середине здания (сооружения);

$r_{x \min}$ – половина ширины здания (сооружения), по которому расчётом определяется минимальная высота молниеотвода.

h_{on} – высота опор, расположенных по торцам здания (сооружения);

Приведенные ниже расчетные формулы (табл. 2.2) пригодны для молниеотводов высотой до 150 м. При большей высоте следует пользоваться специальным программным обеспечением. Здесь и далее под h понимается минимальная высота троса над уровнем земли (с учетом провеса).

Полуширина газоны защиты требуемой надежности (рис. 2.2) на высоте r_x от поверхности земли определяется выражением:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}. \quad (2.2)$$

При необходимости расширить защищаемый объем к торцам зоны защиты собственно тросового молниеотвода могут добавляться зоны защиты несущих опор, которые рассчитываются по формулам одиночных стержневых молниеотводов, представленным в табл. 2.2. В случае больших провесов тросов, например у воздушных линий электропередачи, рекомендуется рассчитывать обеспечиваемую вероятность прорыва молнии программными методами, поскольку построение зон защиты по минимальной высоте троса в пролете может привести к неоправданным запасам.

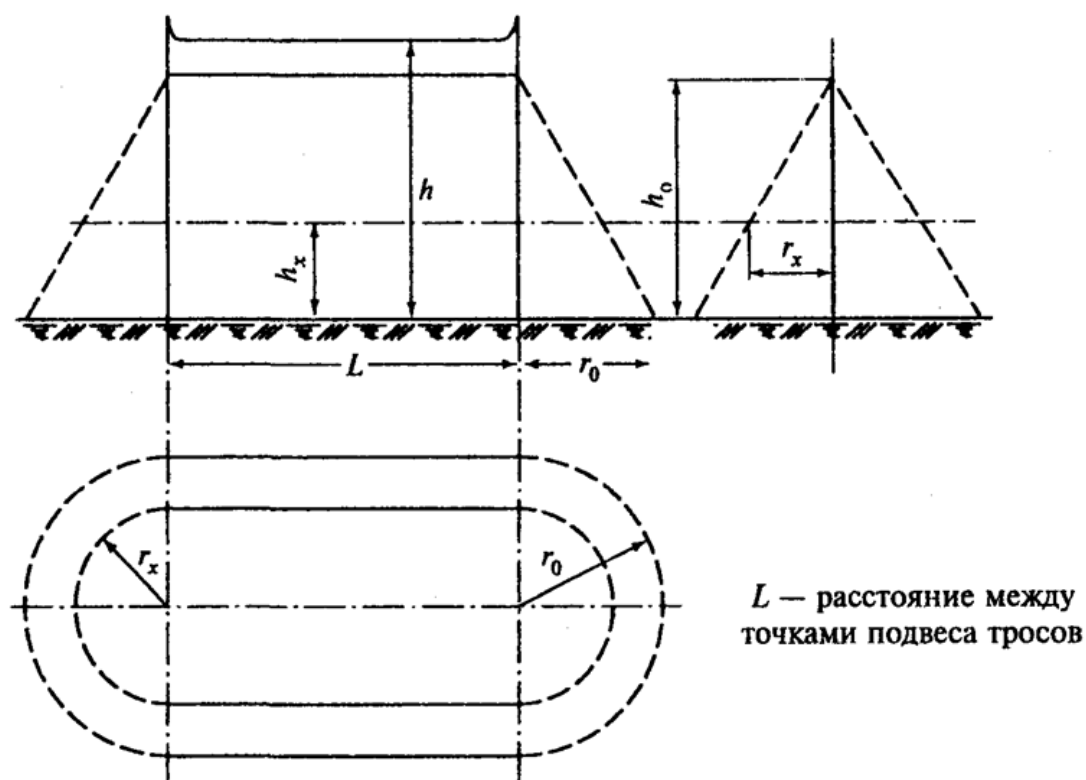


Рис. 2.2. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода

Таблица 2.2.

Расчет зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Надежность защиты P_3	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	от 0 до 150	$0,87h$	$1,5h$
0,99	от 0 до 30	$0,8h$	$0,95h$
	от 30 до 100	$0,8h$	$[0,95-7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$0,8h$	$[0,9-10^{-3}(h-100)]h$
0,999	от 0 до 30	$0,75h$	$0,7h$
	от 30 до 100	$[0,75-4,28 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$	$[0,7-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$[0,72-10^{-3}(h-100)]h$	$[0,6-10^{-3}(h-100)]h$

2.3. Зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода (по РД 34.21.122-87)

Одиночный стержневой молниеотвод. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h представляет собой круговой конус (рис. 2.3), 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 .

Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой $h \leq 150$ м имеют следующие габаритные размеры.

Зона А: $h_0 = 0,85h$; $r_0 = (1,1 - 0,002h)h$; $r_x = (1,1 - 0,002h)(h - h_x/0,85)$.

Зона Б: $h_0 = 0,92h$; $r_0 = 1,5h$; $r_x = 1,5(h - h_x/0,92)$.

Для зоны Б высота $h \leq 150$ м одиночного стержневого молниеотвода при известных значениях h_x и r_x может быть определена по формуле $h = (r_x + 1,63h_x)/1,5$.

Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой $150 < h < 600$ м имеют следующие габаритные размеры. Зона А:

$$h_0 = [0,85 - 1,7 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h,$$

$$r_0 = [0,8 - 1,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h$$

$$r_x = [0,85 - 1,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h \times 1 - \frac{h_x}{[0,85 - 1,7 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h}$$

Зона Б

$$h_0 = [0,92 - 0,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h$$

$$r_0 = 225 \text{ м}$$

$$r_x = 225 - \frac{225h_x}{[0,92 - 0,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h}$$

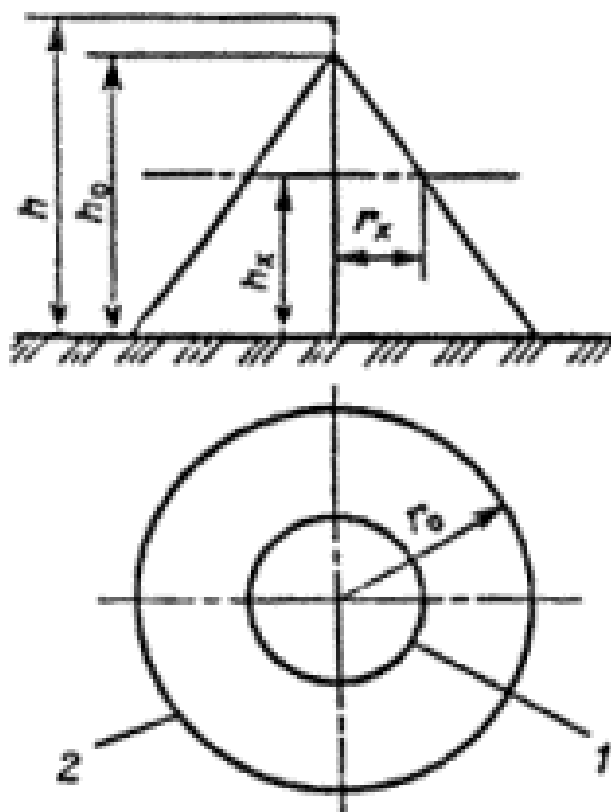


Рис. 2.3. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода:
1 - граница зоны защиты на уровне h_x , 2 - то же на уровне земли

2.4. Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода (по РД 34.21.122-87)

Одиночный тросовый молниеотвод. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой $h \leq 150$ м приведена на рис. 2.4, где h - высота троса в середине пролета. С учетом стрелы провеса троса сечением 35-50 мм² при известной высоте опор h_{on} и длине пролета a высота троса (в метрах) определяется:

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

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

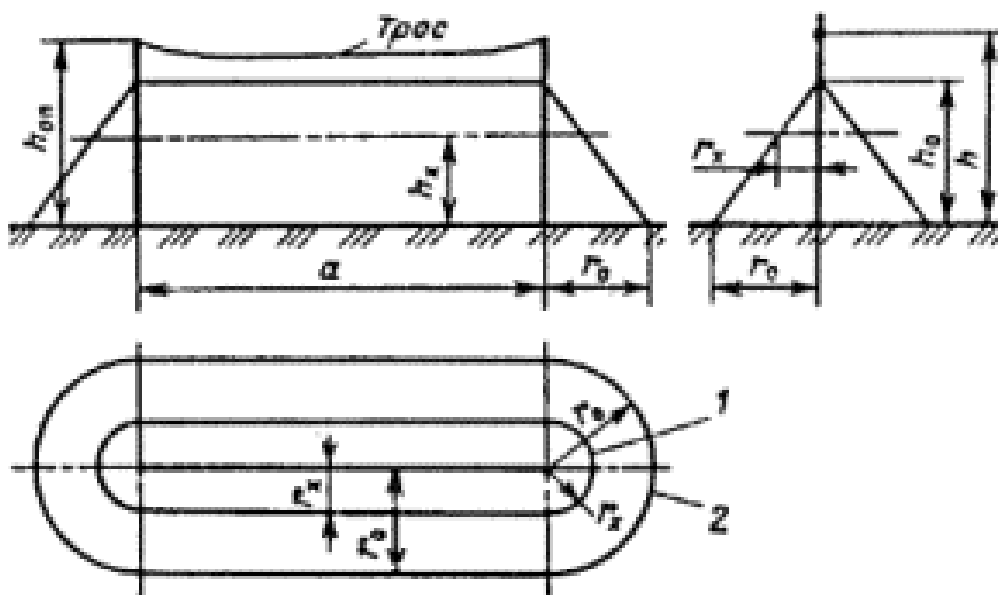


Рис. 2.4. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода.
1 - граница зоны защиты на уровне h_x , 2 - то же на уровне земли

Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода имеют следующие габаритные размеры.

Зона А:

$$h_0 = 0,85h; r_0 = (1,35 - 0,0025h)h$$

$$r_x = (1,35 - 0,0025h)(h - h_x / 0,85)$$

Зона Б:

$$h_0 = 0,92h; r_0 = 1,7h; r_x = 1,7(h - h_x / 0,92)$$

Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных значениях h_x и r_x определяется по формуле $h = (r_x + 1,85h_x) / 1,7$

2.5. Порядок решения задачи по соответствия высоты молниеотвода для защиты объекта (по СО 153-34.21.122-2003)

Задача

Здание размерами 18×4,5×4 м закрытого склада от прямых ударов молнии защищено одиночным тросовым молниеотводом высотой 6 м. Проверить соответствие высоты молниеотвода для надежности 0,99.

Решение

1. Определяем вид зоны защиты.

Согласно п. 3.3.2.2 СО153-34.21.122-87 зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой h ограничена симметричными двускатными поверхностями, образующими в вертикальном сечении равнобедренный треугольник с вершиной на высоте h_0 и основанием на уровне земли $2R_0$.

2. Находим формулы для определения высоты зоны защиты и радиуса зоны защиты на уровне земли по табл. 3.5 СО153-34.21.122-87.

При высоте молниеотвода до 30 метров и надежности зоны защиты равной 0,99, параметры зоны защиты характеризуются следующими формулами:

$$h_0 = 0,8h; R_0 = 0,95h; R_x = R_0(h_0 - h_x)/h_0.$$

3. Определяем радиус зоны защиты на уровне высоты здания ($R_{x\min}$).

Опоры тросового молниеотвода предлагаем установить вплотную к торцевым стенам здания. Тогда для обеспечения его защищенности радиус зоны защиты на уровне высоты здания R_x должен быть не меньше полуширины здания: $R_x \geq S/2$. Таким образом, минимальное значение R_x составит $R_{x\min} = 4,5/2 = 2,25$ м:

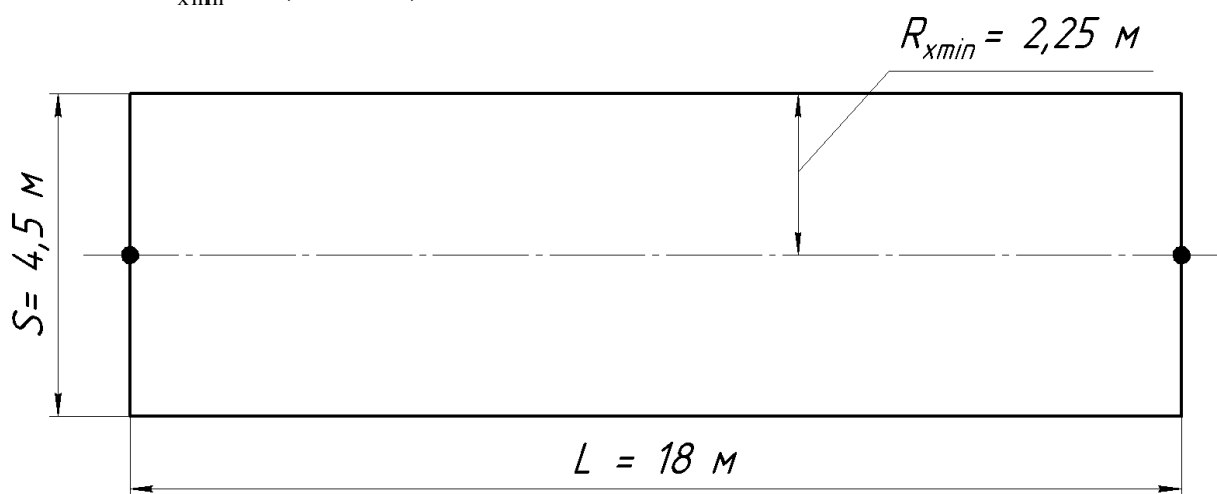


Рис. 2.5.1. План расположения опор одиночного тросового молниеотвода

1. Выводим формулу для определения высоты молниеотвода.

Для этого в формуле для определения R_x выразим R_0 и h_0 через h :

$$\begin{aligned} R_x &= \frac{0,95h(0,8h - h_x)}{0,8h} = \frac{0,95(0,8h - h_x)}{0,8}; \\ 0,8R_x &= 0,95 \cdot 0,8h - 0,95 \cdot h_x; \\ 0,95 \cdot 0,8 \cdot h &= 0,8R_x + 0,95h_x; \\ h &= \frac{R_x}{0,95} + \frac{h_x}{0,8}. \end{aligned}$$

2. Определяем минимальную высоту молниеотвода.

Зная высоту здания и $R_{x\min}$, определяем минимальную высоту молниеотвода.

Таким образом, минимальная высота молниеотвода составит:

$$h_{\min} = \frac{R_{x\min}}{0,95} + \frac{h_x}{0,8} = \frac{2,25}{0,95} + \frac{4}{0,8} = 7,4 \text{ м.}$$

6. Проверяем условие $h_{\text{зад.}} \geq h_{\min}$.

$h_{\text{зад.}} = 6 \text{ м} < h_{\min} = 7,4 \text{ м}$. Условие не выполняется. Для обеспечения требуемой надежности молниезащиты необходимо заменить заданный молниеотвод на молниеотвод высотой не менее 7,4 м.

При такой высоте молниеотвода 7,4 м высота зоны защиты составит $h_0 = 0,8 \cdot h = 0,8 \cdot 7,4 = 5,92 \text{ м}$, а радиус зоны защиты на уровне земли $R_0 = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 7,4 = 7,03 \text{ м}$.

Учитывая некоторое провисание троса, высоту опор необходимо принять больше высоты молниеотвода на 3% расстояния между опорами:

$$h_{\text{оп}} = h + 0,03L = 7,4 + 0,03 \cdot 18 = 7,94 \text{ м.}$$

Схема зоны защиты молниеотвода выполняется в 3 проекциях с обязательным соблюдением масштаба. Масштаб принимается единый: 1:200. В исключительных случаях (чертёж получается или слишком маленький, или слишком большой) допускается масштаб: 1:100 или 1:400.

Размеры на чертеже схемы зоны защиты молниеотвода указываются в миллиметрах.

**Решение комплексной задачи по
молниезащите (по СО 153-34.21.122-2003).**

Задание:

- 1) Определить вид зоны защиты;
- 2) Определить параметры зоны защиты заданного типа молниеотвода для установленной надежности защиты от прямых ударов молнии;
- 3) Определить минимально требуемую высоту молниеотвода
- 4) Проверить соответствие заданной высоты молниеотвода по надежности защиты объекта от прямых ударов молнии, сделать вывод о соответствии.
- 5) Рассчитать параметры зоны защиты;
- 6) Построить чертеж зоны защиты молниеотвода;

Таблица 2.5.

Расчетные данные запроектированной
молниезащиты (по СО 153-34.21.122-2003)

№ п/п	Размеры здания (сооружения)			Молниеотвод*		Надежность защиты
				тип	высота	
01	4,5	15	4,5	стержневой	11,0	0,99
02	5,0	10	5,0	стержневой	10,5	0,999
03	5,5	11	3,0	стержневой	10,0	0,9
04	6,0	12	3,5	стержневой	9,5	0,99
05	6,5	13	4,0	тросовый	9,0	0,999
06	7,0	14	4,5	тросовый	8,5	0,9
07	7,5	15	5,0	тросовый	12,0	0,99
08	8,0	16	3,0	тросовый	11,5	0,999
09	4,0	17	3,5	тросовый	11,0	0,9
10	4,5	18	4,0	тросовый	10,5	0,99
11	5,0	10	4,5	стержневой	10,0	0,999
12	5,5	11	5,0	стержневой	9,5	0,9
13	6,0	12	3,0	стержневой	9,0	0,99
14	6,5	13	3,5	стержневой	8,5	0,999
15	7,0	14	4,0	стержневой	12,0	0,9
16	7,5	15	4,5	тросовый	11,5	0,99
17	8,0	16	5,0	тросовый	11,0	0,999
18	4,0	17	3,0	тросовый	10,5	0,9
19	4,5	18	3,5	тросовый	10,0	0,99
20	5,0	10	4,0	тросовый	9,5	0,999
21	5,5	11	4,5	тросовый	9,0	0,9
22	6,0	12	5,0	стержневой	8,5	0,99
23	6,5	13	3,0	стержневой	12,0	0,999
24	7,0	14	3,5	стержневой	11,5	0,9
25	7,5	15	4,0	стержневой	11,0	0,99
26	8,0	16	4,5	стержневой	10,5	0,999

№ п/п	Размеры здания (сооружения)			Молниевотвод*		Надежность защиты
				тип	высота	
	S , м	L , м	h_x , м			
27	4,0	17	5,0	тросовый	10,0	0,9
28	4,5	18	3,0	тросовый	9,5	0,99
29	5,0	10	3,5	тросовый	9,0	0,999
30	5,5	11	4,0	тросовый	8,5	0,9
31	6,0	12	4,5	тросовый	12,0	0,99
32	6,5	13	5,0	тросовый	11,5	0,999
33	7,0	14	3,0	стержневой	11,0	0,9
34	7,5	15	3,5	стержневой	10,5	0,99
35	8,0	16	4,0	стержневой	10,0	0,999

2.6. Порядок решения задачи по соответствия высоты молниевотвода для защиты объекта (по РД 34.21.122-87)

Задача

Местность — Омск. Здание: размеры 20×8×4м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Насосная станция по перекачке трансформаторного масла (температура вспышки 135°C). Здание III степени огнестойкости. Проверить соответствие высоты одиночного стержневого молниевотвода высотой 10 м.

Решение

1. Класс зоны **В-Ia** (ПУЭ. 7.3.41).
2. Здание цеха отделки относится ко II категории молниезащиты (РД 34.21.122-87, табл. 1, п.2. графа 5).

3. Определяем тип зоны защиты зданий цеха отделки:

3.1. Среднегодовая продолжительность гроз в месте нахождения здания (Омск): 40-60 часов в год (Прил. 1 данных Методических указаний).

3.2. Ожидаемое количество поражений молнией в год N здания определяется по формуле (прил. 2, РД 34.21.122-87)

Для здания прямоугольной формы:

$$N = \left[(S + 6h)(L + 6h) - 7,7 \cdot h^2 \right] \cdot n \cdot 10^{-6} = \left[(8 + 6 \cdot 4)(20 + 6 \cdot 4) - 7,7 \cdot 4^2 \right] \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 0,005$$

где: $h = 4$ м, наибольшая высота здания;

$S = 8$ м, ширина здания;

$L = 20$ м, длина здания;

$n = 4$, среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю) в месте нахождения здания, в зависимости от среднегодовой продолжительности гроз (РД 34.21.122-87, стр. 27).

3.3. Так как $N = 0,005 < 1$, то требуемый тип зоны защиты – тип Б (РД 34.21.122-87, табл.1, п.2, графа 4).

4. Опору одиночного стержневого молниеотвода предлагаем установить на крыше здания в центре. Тогда для обеспечения его защищенности радиус зоны защиты на уровне высоты здания R_x должен быть не меньше отрезка ОА.

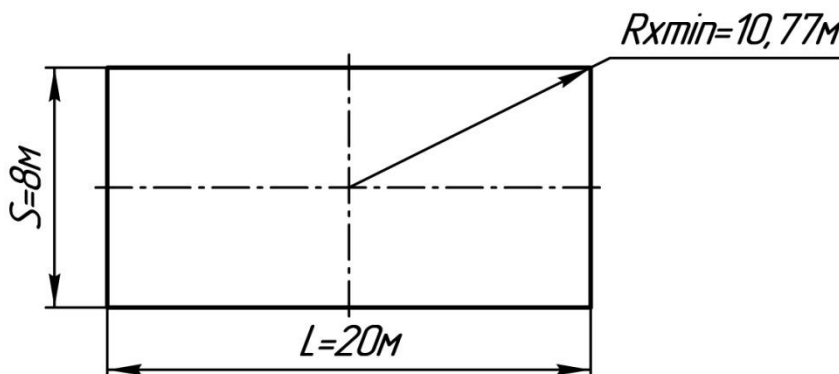


Рис. 2.6.1. План расположения опоры одиночного стержневого молниеотвода

$$R_x = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{S}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{20}{2}\right)^2 + \left(\frac{8}{2}\right)^2} = 10,77 \text{ м}$$

Для зоны типа Б высота одиночного стержневого молниеотвода при известных значениях h_x и R_x может быть определена по формуле (РД 34.21.122-87, приложение 3, п.1.1):

$$h_{\min} \frac{R_x + 1,63h_x}{1,5} = \frac{10,77 + 1,63 \cdot 4}{1,5} = 11,68 \text{ м}$$

5. Проверяем условие $h_{\text{зад.}} \geq h_{\min}$

$$h_{\text{зад.}} = 10 \text{ м} < h_{\min} = 11,68 \text{ м}.$$

Условие не выполняется. Для обеспечения требуемой надежности молниезащиты необходимо заменить заданный молниеотвод на молниеотвод высотой не менее 11,68 м.

При такой высоте молниеотвода 11,68 м высота зоны защиты составит $h_0 = 0,92 \cdot h = 0,92 \cdot 11,68 = 10,75 \text{ м}$, а радиус зоны защиты на уровне земли $R_0 = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 11,68 = 17,52 \text{ м}$.

Схема зоны защиты молниеотвода выполняется в 3 проекциях с обязательным соблюдением масштаба. Масштаб принимается единый: 1:200. В исключительных случаях (чертёж получается или слишком маленький, или слишком большой) допускается масштаб: 1:100 или 1:400.

Размеры на чертеже схемы зоны защиты молниеотвода указываются в миллиметрах.

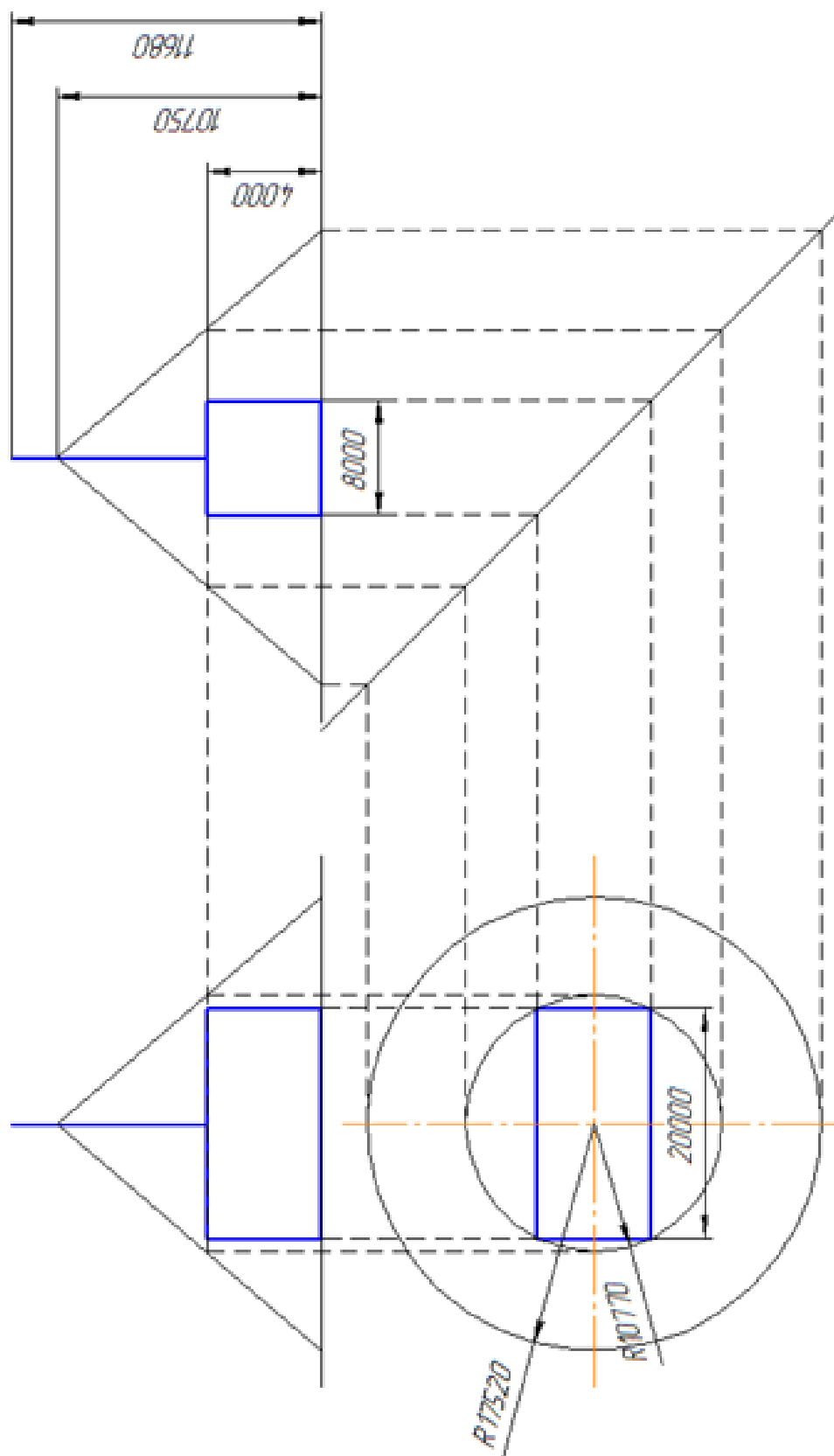


Рис. 2.6.2. Схема зоны защиты молниеотвода

Решение комплексной задачи по молниезащите (по РД 34.21.122-87).

Задание:

- 1) Определить категорию здания по молниезащите;
- 2) Определить тип зоны защиты;
- 3) Определить минимально требуемую высоту молниеотвода
- 4) Проверить соответствие заданной высоты молниеотвода по надежности защиты объекта от прямых ударов молнии, сделать вывод о соответствии.
- 5) Рассчитать параметры зоны защиты;
- 6) Построить чертеж зоны защиты молниеотвода;

Таблица 2.6.

Расчетные данные

№ п/п	Задание	Молниеотвод	
		тип	высота
01	Местность - Омск. Здание: Размеры 30×20×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Насосная станция по перекачке трансформаторного масла (Температура вспышки 135°C). Здание III степени огнестойкости.	стержневой	11,0
02	Местность - Владимир. Здание: Размеры 20×16×6м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Столярная мастерская. Здание III степени огнестойкости.	стержневой	10,5
03	Местность - Пенза. Здание: Размеры 10×10×5м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Цех получения нафталина (НКПВ = 2,5 г/м ³). Работает вытяжная вентиляция.	стержневой	10,0
04	Местность - Калуга. Здание: Размеры 20×10×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Цех отделки. Обращается растворитель №646, лаки. Имеются лаконоливные машины. Работает общеобменная вентиляция и местные нижние отсосы.	стержневой	9,5
05	Местность - Оренбург. Здание: Размеры 40×25×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Магистральная нефтяная насосная станция (температура вспышки 28°C).	тросовый	9,0
06	Местность - Кустанай. Здание: Размеры 30×10×6м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Птицеводческое помещение на 1500 птиц. Здание III степени огнестойкости.	тросовый	8,5
07	Местность - Орел. Здание: Размеры 25×10×8м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Склад хранения сгораемых грузов. Здание III степени огнестойкости.	тросовый	12,0
08	Местность - Ставрополь. Здание: Размеры 15×15×6м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Склад хранения лакокрасочных материалов (температура вспышки менее 61°C).	тросовый	11,5

№ п/п	Задание	Молниесотвод	
		тип	высота
09	Местность - Калининград. Здание: Размеры 40×20×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Склад синильной кислоты(температура вспышки менее 61°C).	тросовый	11,0
10	Местность - Кызыл. Здание: Размеры 30×20×12м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Цех сборки мебели. Здание IV степени огнестойкости.	тросовый	10,5
11	Местность - Калининград. Здание: Размеры 25×25×15м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Газораспределительный пункт природного горючего газа.	стержневой	10,0
12	Местность - Арзамас. Здание: Размеры 25×20×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Ткацкий цех. Пыль, волокна (НКПВ=47 г/м ³). Работает вытяжная общеобменная вентиляция.	стержневой	9,5
13	Местность - Воронеж. Здание: Размеры 18×15×8м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Насосная по перекачке мазута (температура вспышки 85°C). Здание III степени огнестойкости.	стержневой	9,0
14	Местность - Тамбов. Здание: Размеры 24×16×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Склад тканей. Здание III степени огнестойкости.	стержневой	8,5
15	Местность - Иркутск. Здание: Размеры 25×10×14м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Школа – интернат. Здание III степени огнестойкости.	стержневой	12,0
16	Местность – Курск. Здание: Размеры 12×10×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Цех получения водорода электролизом воды.	тросовый	11,5
17	Местность - Чита. Здание: Размеры 22×14×12м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Цех по производству рыбьего жира (температура вспышки 65°C).	тросовый	11,0
18	Местность - Псков. Здание: Размеры 25×22×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Цех по производству масла канифольного (температура вспышки 130°C).	тросовый	10,5
19	Местность - Сыктывкар. Здание: Размеры 35×20×15м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Вычислительный центр.	тросовый	10,0
20	Местность – Горно - Алтайск. Здание: Размеры 20×15×10м. Ж/б фундамент. Кровля	тросовый	9,5

№ п/п	Задание	Молниесотвод	
		тип	высота
	неметаллическая. Аммиачная холодильная установка (НКПВ=15,3%).		
21	Местность - Кострома. Здание: Размеры 26×12×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Свиноферма на 160 голов. Здание III степени огнестойкости.	тросовый	9,0
22	Местность – Ханты-Мансийск. Здание: Размеры 20×15×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Цех упаковки металлических изделий в картонную и древесную тару.	стержневой	8,5
23	Местность - Абакан. Здание: Размеры 20×15×8м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Насосная по перекачке ацетона (ЛВЖ).	стержневой	12,0
24	Местность - Астрахань. Здание: Размеры 20×8×15м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Стационар больницы. Здание III степени огнестойкости.	стержневой	11,5
25	Местность – Усть-Каменогорск. Здание: Размеры 10×15×6м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Закрытая насосная по перекачке бензина (ЛВЖ).	стержневой	11,0
26	Местность - Саранск. Здание: Размеры 40×20×12м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Закрытый склад зерна. Здание IV степени огнестойкости.	стержневой	10,5
27	Местность - Уфа. Здание: Размеры 28×15×8м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Цех по производству камфорного масла (ЛВЖ). Смесь при разгерметизации установок.	тросовый	10,0
28	Местность - Бийск. Здание: Размеры 20×12×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Цех механической обработки древесины. Здание IV степени огнестойкости.	тросовый	9,5
29	Местность - Вологда. Здание: Размеры 18×8×6м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Станция по зарядке стартерных аккумуляторных батарей. Выделяется водород во всем объеме помещения.	тросовый	9,0
30	Местность - Волгоград. Здание: Размеры 22×15×6м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Склад мануфактуры (обувь, ткани).. Здание III степени огнестойкости.	тросовый	8,5
31	Местность - Екатеринбург. Здание: Размеры 28×16×10м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. В цехе обращается дивинил (горючий газ). Смесь при аварии технологического процесса.	тросовый	12,0

№ п/п	Задание	Молниесотвод	
		тип	высота
32	Местность – Кудымкар. Здание: Размеры 30×20×12м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Цех. Обращается цикорий (НКПВ равняется 40 г/м ³). Работает система вытяжной вентиляции.	тросовый	11,5
33	Местность - Барнаул. Здание: Размеры 24×12×6м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Размольный цех. Обращается пшеничная мука (НКПВ равняется 20 – 63 г/м ³). Смесь образуется при аварии технологического процесса.	стержневой	11,0
34	Местность - Благовещенск. Здание: Размеры 12×8×5м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Цех, в котором обращается сероуглерод (ЛВЖ). Смесь при аварии технологического процесса.	стержневой	10,5
35	Местность - Салехард. Здание: Размеры 114×10×8м. Ж/б фундамент. Кровля неметаллическая. Дробильное отделение фрезерного торфа (НКПВ = 42 г/м ³). Смесь при разгерметизации технологических установок.	стержневой	10,0

ЛИТЕРАТУРА

1. Черкасов, В. Н. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие [Текст] / В. Н. Черкасов, В. И. Зыков — М.: ООО «Издательство «Пожнаука», 2010. — 406 с., ил. — ISBN 978-591444-020-3.

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Текст]. Утвержден Федеральным законом Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. В редакции Федерального закона от 10 июля 2012 г. №117-ФЗ.

3. Правила противопожарного режима в Российской Федерации [Текст]. Утверждены постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. № 390.

4. Правила устройства электроустановок [Текст]: все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7 по состоянию на 01.04.2011 г. — М.: КНОРУС, 2011. — 488 с. — ISBN 978-5-406-01678-7.

5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Текст]. Утверждены Приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 № 6. — Екатеринбург: Уральское юридическое издательство, 2004. — 304 с. — ISBN 5-900904-79-2.

6. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Текст]. РД 34.21.122-87/ Минэнерго СССР. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 56 с.: ил. — ISBN 5-283-02070-3.

7. Черкасов, В.Н. Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества [Текст] / В. Н. Черкасов - 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1993. - 175 с.: орн. - Библиогр.: с. 172. — ISBN 5-274-01880-7.

8. Правила защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности [Текст].— М.: Химия, 1973.

9. Базелян, Э.М. Физические и инженерные основы молниезащиты [Текст]. / Э. М. Базелян, Б. Н. Горин, В. И. Литвинов — Л.: Гидрометеиздат, 1978.

10. Электрическая безопасность при заполнении резервуаров нефтепродуктами [Текст] / Максимов Б.К. и др. — М.: Энергоатомиздат, 1989.

11. Рекомендации по режимам налива светлыми нефтепродуктами стационарных резервуаров и железнодорожных цистерн на нефтеперерабатывающих заводах [Текст]. — М.: ХОЗУ Миннефтехимпрома СССР, 1988.

12. Сафронова И.Г. Пожарная безопасность электроустановок. Молниезащита и защита от статического электричества [Текст]: учебное

пособие. / И.Г. Сафронова, А.В. Вдовин. — Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2016. — 84 с.ил.

13. Сафронова И.Г. Пожарная безопасность электроустановок. Молниезащита и защита от статического электричества [Электронный ресурс]: учебное пособие. / И.Г. Сафронова, А.В. Вдовин. — Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2016. — 84 с.ил. — Режим доступа: <http://10.97.170.7>; Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: <http://10.46.0.45>).

14. Сафронова И.Г. Основы пожарной безопасности применения электроустановок [Текст]: учебное пособие / И. Г. Сафронова, С. В. Субачев, Б. П. Смирнов. — Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2010. — 75 с.ил.

15. Сафронова И.Г. Основы пожарной безопасности применения электроустановок [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Г. Сафронова, С. В. Субачев, Б. П. Смирнов. — Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2010. — 75 с. — Режим доступа: <http://10.97.170.7>; Интранет: elib.mchs.ru (ip-адрес: <http://10.46.0.45>).

Приложение 1. Карта средней за год продолжительности гроз в часах.

