ФГБОУ ВПО

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Стрижков И.Г., Кремянский В.Ф.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

(Методические рекомендации к дипломному и курсовому проектированию по направлению подготовки 110800 «Агроинженерия» и 140400 «Электроэнергетика и электротехника» для бакалавриата, специалитета и магистратуры)

Краснодар, 2012

ББК

УДК 613.313: 621.312

С 192

Составители: проф. **Стрижков И.Г.,**

доц. **Кремянский В.Ф.**

Рецензент: **Богдан А.В.,** д-р техн. наук, проф. кафедры ЭТиВИЭ

Проектирование устройств молниезащиты зданий и сооружений электрифицированных сельскохозяйственных предприятий (Методические рекомендации к дипломному и курсовому проектированию по направлению подготовки 110800 «Агроинженерия» и 140400 «Электроэнергетика и электротехника» для бакалавриата, специалитета и магистратуры) / Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар, 2012 г.

Методические рекомендации рассмотрены методической комиссией факультета энергетики и электрификации (протокол № 2 от 29.11.2011) и рекомендованы к применению в учебном процессе при выполнении курсовых и дипломных проектов студентами очной и заочной форм обучения.

ISBN=

И.Г. Стрижков

Кубанский государственный аграрный университет

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

1. *Прямой удар молнии* (поражение молнией) - непосредственный контакт канала молнии со 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 создающее опасность искрения внутри защищаемого объекта.

3. *Занос высокого потенциала* - перенесение в защищаемое здание или сооружение по протяжённым металлическим коммуникациям (подземным и наземным (надземным) 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, молниеприёмника, непосредственно воспринимающего удар молнии, токоотвода, по которому ток молнии передается в землю, заземлителя, обеспечивающего растекание тока молнии в земле.

В некоторых случаях функции опоры, молниеприёмника 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 надёжностью не ниже определённого значения. Наименьшей надёжностью обладает поверхность зоны защиты; в глубине зоны защиты надёжность выше, чем на ее поверхности.

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

6. Конструктивно молниеотводы разделяются на следующие виды:

стержневые - с вертикальным расположением молниеприёмника;

тросовые (протяжённые) - с горизонтальным расположением молниеприёмника, закрепленного на двух заземлённых опорах;

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

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

8. *Одиночный молниеотвод* - это единичная конструкция стержневого или тросового молниеотвода.

9. *Двойной (многократный) молниеотвод* - это два (или более) стержневых и тросовых молниеотвода, образующих общую зону защиты.

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

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

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

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основными нормативными и руководящими документами по проектированию и изготовлению молниезащиты объектов в РФ являются Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [1], «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» [2] и «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» [3]. Названные документы устанавливают комплекс мероприятий и устройств для обеспечения безопасности людей и сельскохозяйственных животных, предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от взрывов, пожаров, разрушений при воздействии молнии (прямого поражения молнией и её вторичного воздействия).

Настоящие методические указания разработаны по материалам этих документов и предназначены для студентов очной и заочной форм обучения, проектирующих здания и сооружения и их электроустановки в качестве курсовой или выпускной квалификационной работы по программам подготовки бакалавров, магистров и специалистов агроинженерии и электротехники.

Указания не распространяются на проектирование молниезащиты линий электропередачи, электрической части электростанций и подстанций, контактных сетей, объектов связи, где применяются специальные правила молниезащиты, изложенные в ПУЭ [1] и ведомственных нормативных документах.

Задача расчета и выбора молниезащиты зданий или сооружений решается следующей последовательностью действий:

1. Исходными данными являются: характеристика проектируемого объекта, его размеры, наличие взрыво- или пожароопасных зон согласно классификации ПУЭ, расположение и размеры этих зон, огнестойкость здания,

удельное сопротивление грунта в зоне размещения объекта.

2. Определяется грозовая активность в зоне размещения проектируемого объекта по карте ПУЭ или на основании сведений метеостанции, обслуживающей данную местность.

3. Определяется расчетная поражаемость проектируемого объекта молнией по его размерам и показателям грозовой активности местности.

4. Определяется категория молниезащиты проектируемого здания или сооружения и тип зоны защиты в зависимости от характеристики объекта и его поражаемости молнией.

5. Принимается решение о необходимости молниезащиты. При положительном решении выбирают тип молниезащитного устройства на основании анализа конструкции защищаемого объекта и расположения в нем зон разной категории молниезащиты.

6. При выборе в качестве защитных устройств стержневых или тросовых молниеотводов производят расчет их геометрических размеров: высота молниеприемников, расстояние токоотвода от здания, длина защитных проводников и др.

7. Выбирают конструкционные материалы молниеотводов, конструкции опор (при их наличии); для сеточных молниеприемников определяют размеры сетки.

8. Выбирают тип заземлителя. При необходимости использования одного или нескольких искусственных заземлителей определяют их конструкцию, размеры и выбирают конструкционные материалы.

9. Принимают решения по вопросам защиты объекта от вторичного воздействия молнии как занос высокого потенциала в здание, наведения ЭДС в металлоконструкциях от тока молнии и др.

10. Выполняют чертежи и пояснительную записку по разделу «Молниезащита».

Представленная методика регламентирует обязательные мероприятия по молниезащите, выполняемые при строительстве, и не исключает использования дополнительных средств молниезащиты внутри здания и сооружения для повышения уровня его защиты.

Ниже представлена методика выполнения каждого их указанных пунктов.

1 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОН НА ОБЪЕКТАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА (по ПУЭ-6)

Решение вопроса применения молниеотводов на объектах сельскохозяйственного производства определяется наличием в нем взрыво- и пожароопасных зон. ПУЭ-6 дает следующую классификацию и определения этих зон.

З о н ы к л а с с а В-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых ёмкостях, и т.п.

З о н ы к л а с с а В-Iа – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей:

1. Горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15%

и более) и резким запахом при предельно допустимых концентрациях по ГОСТ 12.1.005-88 (например, машинные залы аммиачных компрессорных).

2. Помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, кроме электромашинных помещений с генераторами, имеющими водородное охлаждение.

З о н ы к л а с с а В-Iг – пространства у наружных установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, примыкающие к проемам в помещения со взрывоопасными зонами В-I, В-Iа и В-II.

З о н ы к л а с с а В-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы.

З о н ы к л а с с а В-IIа - зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния с волокнами и пылью возможны только в результате аварий или неисправностей.

Классификация пожароопасных зон (в ПУЭ-6 и в Техническом регламенте они совпадают).

П о ж а р о о п а с н о й з о н о й называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в которых они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

З о н ы к л а с с а П-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 ^{o}С.

З о н ы к л а с с а П-II– зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или во-

локна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 к объёму воздуха.

З о н ы к л а с с а П-IIа – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

З о н ы к л а с с а П-III – зоны, расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 ^{o}С или твердые горючие вещества.

Наличие на проектируемом объекте взрыво- и пожароопасных зон устанавливается по типовым проектам или на основании анализа веществ, находящихся в обращении.

Наименование объекта не является достаточным для определения класса пожаровзрывоопасности вследствие необходимости учета технологических и технических особенностей этих объектов. Для примера приведен перечень складов минеральных удобрений и сельскохозяйственных химмелиорантов (табл. 2).

Таблица 1. Примерный перечень взрыво- и пожароопасных зон сельскохозяйственных объектов (для учебного проектирования)

Наименование объекта	Основные опасные вещества, находящиеся в обращении	Категория опасных зон объекта
Газораспределительные станции, склады хранения баллонного газа	Природный газ	В-I
Покрасочные участки, АЗС	Распыленные краски и лаки, пары бензина	В-Iа
Крупные мельницы и комбикормовые производства	Мучная или травяная пыль в больших количествах	В-II
Авторемонтные предприятия, гаражи, мехмастерские, склады горючих материалов	Дизельное топливо, бензин, машинное и моторное масло	П-I
Мельницы, дробилки, табакохранилища, цеха обработки древесины	Мучная, травяная пыль в малых количествах, древесная пыль, дерево, сухая трава, сухой табак	П-II
Коровники, телятники, свинарники с подстилкой из соломы	Сено, солома, сухие корма	П-IIа
Склады минеральных масел, дерева, соломы, сена, комбикормов	Перечисленные складируемые материалы	П-III

Таблица 2. Классификация помещений складов минеральных удобрений и химмелиорантов по взрывной и пожарной опасности

Наименование помещений	Классификация пожароопасных зон помещений по ПУЭ	Категория помещений и зданий по пожарной опасности
Секция для хранения затаренных и незатаренных удобрений с взрывопожароопасными свойствами (аммиачная селитра)	П-II	В
Секция для хранения взрывопожаробезопасных затаренных в сгораемую тару удобрений	П-IIа	В
Секция для хранения незатаренных сгораемых удобрений	П-II	В
Секция для хранения незатаренных удобрений и химмелиорантов с взрывопожаробезопасными свойствами	Нормальное	Д
Навес или площадка с твердым покрытием для хранения удобрений в контейнерах и для размещения тукосмесительного оборудования	П-III	В
Тукосмесительный отсек для размещения тукосмесительного оборудования	П-II	В

2 ИНТЕНСИВНОСТЬ ГРОЗОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПОРАЖАЕМОСТЬ МОЛНИЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Среднегодовая продолжительность гроз в произвольном пункте на территории РФ определяется по приведенной в ПУЭ карте [1], или по средним многолетним (порядка 10 лет) данным метеостанции, ближайшей от места нахождения проектируемого здания или сооружения. Краснодарский край и Северный Кавказ характеризуются высокой грозовой активностью. В учебных проектах среднегодовая продолжительность гроз в разных зонах Краснодарском крае может быть определена по табл. 3.

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

для сосредоточенных зданий и сооружений (дымовые трубы, вышки, силосные башни)

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

для зданий и сооружений прямоугольной формы

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

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.

Таблица 3. Грозовая активность на территории Краснодарского края

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	Удельная плотность ударов молнии в землю n, 1/(км^2 · *год*)	Географические зоны края
40 - 60	4	Северная , северо-западная и северо-восточная зона, гг. Тимашевск, Ейск, Тихорецк, Кропоткин
60 - 80	5,5	Западная зона Краснодарского края, гг. Славянск-на-К., Темрюк, Анапа. Часть восточной зоны, гг. Армавир, Курганинск
80 - 100	7	Предгорная часть восточной зоны, гг. Лабинск, Майкоп (РА), а также Новороссийск
100 и более	8,5	Южная зона, гг. Краснодар, Крымск, Апшеронск, Геленджик, Туапсе и Сочи

3 ОБЯЗАТЕЛЬНОСТЬ УСТРОЙСТВ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Решение вопроса о необходимости и целесообразности проектирования и сооружения молниезащиты объекта принимается на основании анализа следующих показателей: назначение объекта, интенсивность грозовой деятельности в данной местности, размеры объекта, расположение соседних высотных сооружений, способных создать защитную зону для проектируемого объекта, ожидаемый ущерб от поражения объекта молнией.

Предъявление одинаковых требований к объектам разного назначения, расположенных в районах с разной грозовой активностью означало бы или предусматривать излишние затраты на молниезащиту, или чрезмерный ущерб от поражения молнией. Поэтому объекты классифицируют по признаку вероятного ущерба от поражения молнией на три категории и некатегорийные [2] или четыре уровня защиты [3] (эта классификация не получила широкого распространения). Категория молниезащиты объекта, а при использовании стержневых и тросовых молниеотводов - тип зоны защиты, определяются по табл. 4.

Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к I и II категориям, должны быть защищены от прямых ударов молнии, вторичных ее проявлений 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 при средней продолжительности гроз 20 и более часов в год (т.е. на всей территории Краснодарского края).

Таблица 4. Категории и зоны защиты объектов

№ п/п.	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 которых согласно ПУЭ относятся к взрывоопасным зонам классов В-I и В-II	На всей территории РФ	А	I
2	То же, классов В-Iа, В-Iб, В-IIа	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более	При ожидаемом количестве поражений молнией в год здания или сооружения $N < 1$ - А; $N \leq 1$ – Б	II
3	Наружные установки, создающие согласно ПУЭ зону класса В-Iг	На всей территории РФ	Б	II
4	Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов П-I, П-II, П-IIа	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	Для здания и сооружений I и II степеней огнестойкости при $0,1 < N \leq 2$ и для III - V степеней огнестойкости при $0,02 < N \leq 2$ -Б, при $N > 2$- А	III

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
5	Расположенные в сельской местности небольшие строения III - V степеней огнестойкости, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов П-I, П-II, П-IIа	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более при $N < 0,2$	-	III
6	Наружные установки и открытые склады, создающие согласно ПУЭ зону классов П-III	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	При $0,1<N\leq 2$ - Б, при $N > 2$ - А	III
7	Здания и сооружения III, IIIа, IIIб, IV, V степеней огнестойкости, в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	То же	При $0,1< N\leq 2$ - Б, при $N > 2$ - А	
8	Здания и сооружения из легких металлических конструкций со сгораемым утеплителем (IVа степени огнестойкости), в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более	При $0,02 < N\leq 2$ - Б, при $N > 2$ - А	III

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
9	Небольшие строения III-V степеней огнестойкости, расположенные в сельской местности, в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч 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
10	Здания вычислительных центров, в том числе расположенные в городской застройке	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	Б	II
11	Животноводческие и птицеводческие здания и сооружения III-V степеней огнестойкости: для крупного 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	В местностях со средней продолжительностью гроз 40 ч в год и более	Б	III
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 ч в год и более	Б	III

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
13	Жилые и общественные здания, высота которых более чем на 25 м больше средней высоты 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 ч в год и более	Б	III
14	Отдельно стоящие жилые и общественные здания в сельской местности высотой более 30 м	То же	Б	III
15	Общественные здания III-V степеней огнестойкости: 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	То же	Б	III

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
16	Открытые зрелищные учреждения (зрительные залы открытых кинотеатров, трибуны открытых стадионов и т.п.)	То же	Б	III
17	Здания и сооружения, являющиеся памятниками истории, архитектуры и культуры (скульптуры, обелиски и т.п.)	То же	Б	III

Наружные установки II категории, должны быть защищены от прямых ударов и вторичных проявлений молнии.

Наружные установки III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии.

Внутри зданий большой площади (шириной более 100 м) необходимо выполнять мероприятия по выравниванию потенциалов.

Для зданий и сооружений с помещениями, требующими устройства молниезащиты I и II или I и III категорий, 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.

Для зданий и сооружений с помещениями II и III категорий, 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.

Для зданий и сооружений, не менее 30 % общей площади которых приходится на помещения I, II или III категории, молниезащита этой части зданий и сооружений должна быть выполнена в соответствии с названной категорией.

Для зданий и сооружений, более 70 % общей площади которых составляют помещения, не подлежащие молниезащите согласно табл. 2, 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 - путем присоединения коммуникаций к заземляющему устройству электроустановок или к арматуре железобетонного фундамента здания.

Для зданий и сооружений любой категории молниезащиты 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.

В качестве заземлителей молниезащиты допускается использовать все рекомендуемые «Правилами устройства электроустановок» заземлители электроустановки, за исключением нулевых проводов воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ.

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.

Искусственные заземлители следует применять при недостаточности естественных. Их располагают под асфальтовым покрытием или в редко посещаемых местах (на газонах, в удалении на 5 м и более от грунтовых проезжих и пешеходных дорог и т.п.).

Во всех возможных случаях заземлитель молниезащиты должен быть объединен с заземлителем электроустановок.

4 ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

4.1. Молниезащита I категории

4.1.1. Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений, относимых по устройству молниезащиты к I категории, должна выполняться отдельно стоящими стержневыми (рис. 1) или тросовыми (рис. 2) молниеотво-

дами. Указанные молниеотводы должны обеспечивать зону защиты типа А.

4.1.2. Выбор заземлителя защиты от прямых ударов молнии (естественного или искусственного) определяется требованиями, приведенными в табл.5. При этом для отдельно стоящих молниеотводов приемлемыми являются следующие конструкции заземлителей

а) один (и более) железобетонный подножник длиной не менее 2 м или одна (и более) железобетонная свая длиной не менее 5 м;

б) одна (и более) заглубленная в землю не менее чем на 5 м стойка железобетонной опоры диаметром не менее 0,25 м;

:в) железобетонный фундамент произвольной формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 10 м^2;

г) искусственный заземлитель, состоящий из трех вертикальных электродов и более длиной не менее 3 м, объединенных горизонтальным электродом, при расстоянии между вертикальными электродами не менее 5 м. Минимальные сечения (диаметры) электродов определяются по табл. 6.

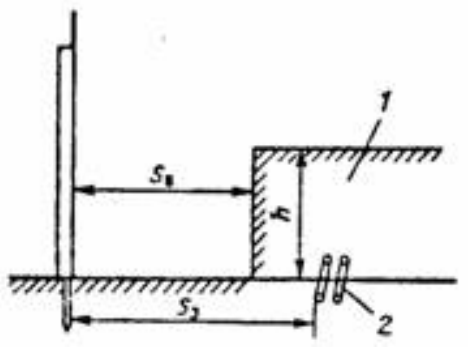
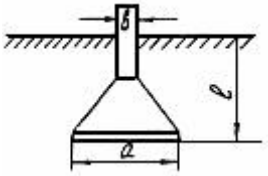
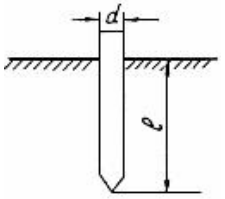
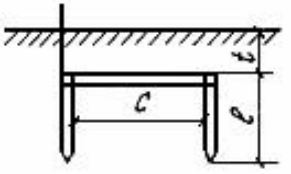
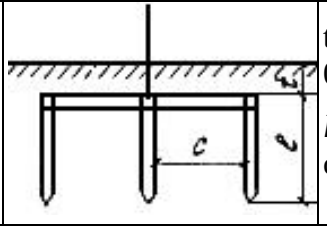


Рисунок 1 - Отдельно стоящий стержневой молниеотвод: *1* - защищаемый объект; *2* - металлические коммуникации

Таблица 5. Естественные заземлители

Заземлитель	Эскиз	Размеры, м
Железобетонный подножник		a ≥ 1,8 b ≥ 0,4 *l* ≥ 2,2
Железобетонная свая		d = 0,25-0,4 *l* ≥ 5
Стальной двухстержневой: полоса размером 40х4 мм; стержни диаметром d = 10-20 мм		t ≥ 0,5 l = 3-5 c = 3-5
Стальной трехстержневой: полоса размером 40х4 мм; стержни диаметром d = 10-20 мм		t ≥ 0,5 *l* = 3-5 c = 5-6

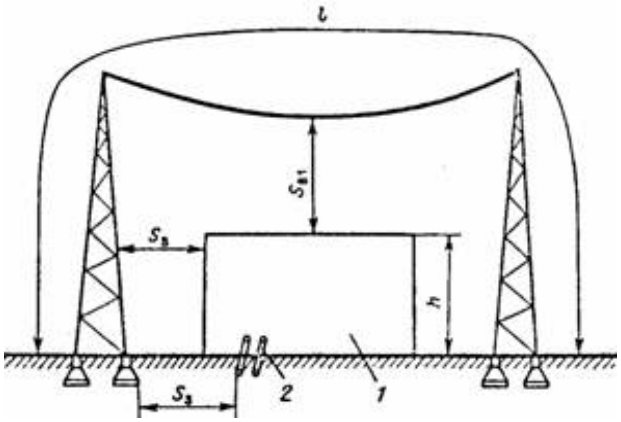


Рисунок 2 - Отдельно стоящий тросовый молниеотвод. Обозначения те же, что и на рис. 1

Таблица 6. Минимальные размеры стальных искусственных заземлителей

Форма токоотвода и заземлителя	Сечение (диаметр) токоотвода и заземлителя, проложенных	
	снаружи здания на воздухе	в земле
Круглые токоотводы и перемычки диаметром, м	6	-
Круглые вертикальные электроды диаметром, мм:	-	
неоцинкованные		10
оцинкованные		6
Круглые горизонтальные* электроды диаметром, мм	-	10
Прямоугольные электроды:		
сечением, мм^2	48	48
толщиной, мм	4	4

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

4.1.3. Опоры молниеотводов должны быть удалены от защищаемого объекта. Наименьшее допустимое расстояние $S_в$ по воздуху от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) стержневого или тросового молниеотвода (см. рис. 1 и 2) определяется в зависимости от высоты здания, конструкции заземлителя и эквивалентного удельного электрического сопротивления грунта.

Для зданий и сооружений высотой не более 30 м наименьшее допустимое расстояние $S_в$, м определяется по табл. 7 [6]

Для зданий и сооружений высоты больше 30 м определенное выше значение $S_в$ должно быть увеличено на 1 м в расчете на каждые 10 м высоты объекта сверх 30 м.

Таблица 7. Наименьшее расстояние от опоры (токоотвода) до защищаемого объекта

$S_в$, м	ρ, Ом м	Конструкция заземлителя
3	ρ < 100	Заземлитель любой конструкции
$3 + 0^{-2}$(ρ - -100)	100 < ρ ≤ 1000	Одна железобетонная свая либо подножник или углубленная стойка железобетонной опоры
4		Четыре железобетонные сваи или подножники, расположенные в углах прямоугольника на расстоянии 3-8 м один от другого, или железобетонный фундамент любой формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 70 м^2, или искусственный заземлитель

4.1.4. Наименьшее допустимое расстояние $S_в$ от защищаемого объекта до троса в середине пролета (рис. 2) определяется в зависимости от конструкции заземлителя, эк-

вивалентного удельного сопротивления грунта и суммарной длины l молниеприемников и токоотводов.

При длине $l < 200$ м наименьшее допустимое расстояние $S_{в1}$, м, принимается по табл. 8 [6]

При суммарной длине молниеприемников и токоотводов l = 200-300 м наименьшее допустимое расстояние $S_{в1}$ должно быть увеличено на 2 м по сравнению с определенными выше значениями.

Таблица 8. Наименьшее расстояние от защитного троса до защищаемого объекта

$S_{в1,}$ м	ρ, Ом м	Конструкция заземлителя
3,5	ρ < 100	Заземлитель любой конструкции
3,5 + +3(ρ - 100)10^{-2}	100 < ρ ≤ 1000	Одна железобетонная свая либо подножник или углубленная стойка железобетонной опоры
4		Четыре железобетонные сваи или подножники, расположенные в углах прямоугольника на расстоянии 3-8 м один от другого, или железобетонный фундамент любой формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 70 м^2, или искусственный заземлитель

4.1.5. Для исключения заноса высокого потенциала в защищаемое здание или сооружение по подземным металлическим коммуникациям (в том числе по электрическим кабелям любого назначения) заземлители защиты от прямых ударов молнии должны быть по возможности удалены от этих коммуникаций на максимальные расстояния, допустимые по технологическим требованиям. Наименьшие допустимые расстояния $S_з$, (см. рис. 1 и 2) в земле между заземлителями защиты от прямых ударов молнии и коммуникациями, вводимыми в здания и сооружения I категории, должны составлять $S_з = S_в + 2$ (м).

3.1.6. Для защиты от вторичных проявлений молнии должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

а) металлические конструкции и корпуса всего оборудования и аппаратов, находящиеся в защищаемом здании, должны быть присоединены к заземляющему устройству электроустановок,

б) внутри зданий и сооружений между трубопроводами и другими протяженными металлическими конструкциями в местах их взаимного сближения на расстояние менее 10 см через каждые 20 м следует приваривать или припаивать перемычки из стальной проволоки диаметром не менее 5 мм или стальной ленты сечением не менее 24 мм^2, для кабелей с металлическими оболочками или броней перемычки должны выполняться из гибкого медного проводника в соответствии со СНиП [4];

в) в соединениях элементов трубопроводов или других протяженных металлических предметов должны быть обеспечены переходные сопротивления не более 0,03 Ом на каждый контакт. При невозможности обеспечения контакта с указанным переходным сопротивлением с помощью болтовых соединений необходимо устройство стальных перемычек, размеры которых указаны в подпункте "б".

4.1.7. Защита от заноса высокого потенциала по подземным металлическим коммуникациям (трубопроводам, кабелям в наружных металлических оболочках или трубах) должна осуществляться путем их присоединения на вводе в здание или сооружение к арматуре его железобетонного фундамента, а при невозможности использования последнего в качестве заземлителя - к искусственному заземлителю.

4.1.8. Защита от заноса высокого потенциала по внешним наземным (надземным) металлическим коммуникациям должна осуществляться путем их заземления на вводе в здание или сооружение и на двух ближайших к этому вводу опорах коммуникации. В качестве заземлителей следует использовать железобетонные фундаменты здания или сооружения и каждой из опор, а при невозможности такого использования - искусственные заземлители.

4.1.9. Ввода здания воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ должен осуществляться только кабелями длиной не менее 50 м с металлической броней или оболочкой или кабелями, проложенными в металлических трубах.

На вводе в здание металлические трубы, броня и оболочки кабелей, в том числе с изоляционным покрытием металлической оболочки (например, ААШв, ААШп), должны быть присоединены к железобетонному фундаменту здания или к искусственному заземлителю.

В месте перехода воздушной линии электропередачи в кабель металлические броня и оболочка кабеля, а также штыри или крючья изоляторов воздушной линии должны быть присоединены к заземлителю. К такому же заземлителю должны быть присоединены штыри или крючья изоляторов на опоре воздушной линии электропередачи, ближайшей к месту перехода в кабель.

Кроме того, в месте перехода воздушной линии электропередачи в кабель между каждой жилой кабеля и заземленными элементами должны быть обеспечены закрытые воздушные искровые промежутки длиной 2-3 мм или установлен вентильный разрядник низкого напряжения, например РВН-0,5.

Защита от заноса высоких потенциалов по воздушным линиям электропередачи напряжением выше 1 кВ, вводимым в подстанции, размещенные в защищаемом здании

(внутрицеховые или пристроенные), должна выполняться в соответствии с ПУЭ.

4.2. Молниезащита II категории

4.2.1. 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 табл. 2. 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.

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

Установка 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.

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

4.2.2. 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 3м от входов или в местах, не доступных для прикосновения людей.

4.2.3. В качестве заземлителей во всех возможных случаях следует использовать железобетонные фундаменты зданий и сооружений.

При невозможности использования фундаментов предусматриваются искусственные заземлители:

при наличии стержневых и тросовых молниеотводов каждый токоотвод присоединяется к заземлителю;

при наличии молниеприемной сетки или металлической кровли по периметру здания или сооружения прокладывается наружный контур следующей конструкции:

в грунтах с эквивалентным удельным сопротивлением $\rho \leq 500$ Ом м при площади здания более 250 м^2 выполняется контур из горизонтальных электродов, уложенных в земле на глубине не менее 0,5 м, а при площади здания менее 250 м^2 к этому контуру в местах присоединения токоотводов

приваривается по одному вертикальному или горизонтальному лучевому электроду длиной 2-3 м;

в грунтах с удельным сопротивлением $500 < \rho \leq 1000$ Ом м при площади здания более 900 м^2 достаточно выполнить контур только из горизонтальных электродов, а при площади здания менее 900 м^2 к этому контуру в местах присоединения токоотводов приваривается не менее двух вертикальных или горизонтальных лучевых электродов длиной 2-3 м на расстоянии 3-5 м один от другого.

Минимально допустимые сечения (диаметры) электродов искусственных заземлителей определяются по табл. 6.

В зданиях большой площади наружный контур заземления может также использоваться для выравнивания потенциала внутри здания.

Во всех возможных случаях заземлитель защиты от прямых ударов молнии должен быть объединен с заземлителем электроустановок.

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

4.2.5. Наружные установки, содержащие горючие и сжиженные газы и легковоспламеняющиеся жидкости, следует защищать от прямых ударов молнии следующим образом:

а) корпуса установок из железобетона, металлические корпуса установок и отдельных резервуаров при толщине металла крыши менее 4 мм должны быть оборудованы молниеотводами, установленными на защищаемом объекте или отдельно стоящими;

б) металлические корпуса установок и отдельных резервуаров при толщине металла крыши 4 мм и более, а также отдельные резервуары вместимостью менее 200 м^3 независимо от толщины металла крыши, а также метал-

лические кожухи теплоизолированных установок достаточно присоединить к заземлителю.

4.2.6. Для резервуарных парков, содержащих сжиженные газы, общей вместимостью более 8000 м^3, а также для резервуарных парков с корпусами из металла и железобетона, содержащих горючие газы и легковоспламеняющиеся жидкости, при общей вместимости группы резервуаров более 100 тыс. м^3 защиту от прямых ударов молнии следует, как правило, выполнять отдельно стоящими молниеотводами.

4.2.7. Очистные сооружения подлежат защите от прямых ударов молнии, если температура вспышки содержащегося в сточных водах продукта превышает его рабочую температуру менее чем на 10 °С. В зону защиты молниеотводов должно входить пространство, основание которого выходит за пределы очистного сооружения на 5 м в каждую сторону от его стенок, а высота равна высоте сооружения плюс 3 м.

4.2.8. Если на наружных установках или в резервуарах (наземных или подземных), содержащих горючие газы или легковоспламеняющиеся жидкости, имеются газоотводные или дыхательные трубы, то они и пространство над ними должны быть защищены от прямых ударов молнии. Такое же пространство защищается над срезом горловины цистерн, в которые происходит открытый налив продукта на сливоналивной эстакаде. Защите от прямых ударов молнии подлежат также дыхательные клапаны и пространство над ними, ограниченное цилиндром высотой 2,5 м с радиусом 5 м.

4.2.9. Для наружных установок, перечисленных в пп. 4.2.5 – 4.2.8, в качестве заземлителей защиты от прямых ударов молнии следует по возможности использовать железобетонные фундаменты этих установок или опор отдельно стоящих молниеотводов либо выполнять искусственные заземлители, состоящие из одного вертикального или горизонтального электрода длиной не менее 5 м.

К этим заземлителям, размещенным не реже чем через 50 м по периметру основания установки, должны быть присоединены корпуса наружных установок или токоотводы установленных на них молниеотводов, число присоединений - не менее двух.

4.2.10. Для защиты зданий и сооружений от вторичных проявлений молнии должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

а) металлические корпуса всего оборудования и аппаратов, установленных в защищаемом здании (сооружении), должны быть присоединены к заземляющему устройству электроустановок или к железобетонному фундаменту здания;

б) внутри здания между трубопроводами и другими протяженными металлическими конструкциями в местах их сближения на расстояние менее 10 см через каждые 30 м должны быть выполнены перемычки для выравнивания потенциала;

в) во фланцевых соединениях трубопроводов внутри здания следует обеспечить нормальную затяжку не менее четырех болтов на каждый фланец.

4.2.11. Для защиты наружных установок от вторичных проявлений молнии металлические корпуса установленных на них аппаратов должны быть присоединены к заземляющему устройству электрооборудования или к заземлителю защиты от прямых ударов молнии.

На резервуарах с плавающими крышами или понтонами необходимо устанавливать не менее двух гибких стальных перемычек между плавающими крышами или понтонами и металлическим корпусом резервуара или токоотводами установленных на резервуаре молниеотводов.

4.2.12. Защита от заноса высокого потенциала по подземным коммуникациям осуществляется присоединением их на вводе в здание или сооружение к заземлителю защиты от прямых ударов молнии.

4.2.13. Защита от заноса высокого потенциала по внешним наземным (надземным) коммуникациям выполняется путем их присоединения на вводе в здание или сооружение к заземлителю защиты от прямых ударов молнии, а на ближайшей к вводу опоре коммуникации - к ее железобетонному фундаменту. При невозможности использования фундамента должен быть установлен искусственный заземлитель, состоящий из одного вертикального или горизонтального электрода длиной не менее 5 м.

4.2.14. Защита от заноса высокого потенциала по воздушным линиям электропередачи, сетям телефона, радио и сигнализации должна быть выполнена в соответствии с п. 4.1.9.

4.3. Молниезащита III категории

4.3.1. Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений, относимых по устройству молниезащиты к III категории, должна выполняться одним из способов, указанных в п. 4.2.1, с соблюдением требований п. 4.2.2.

При этом в случае использования молниеприемной сетки шаг ее ячеек должен быть не более 12х12 м (вместо 6х6 для II категории).

4.3.2. Во всех возможных случаях в качестве заземлителей защиты от прямых ударов молнии следует использовать железобетонные фундаменты зданий и сооружений.

При невозможности их использования выполняют искусственные заземлители:

стоящему из двух вертикальных электродов (и более) 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 $500 < \rho \leq 1000$ Ом м и при площади здания менее 900 м^2 к этому контуру в местах присоединения токоотводов следует приваривать по одному вертикальному или горизонтальному лучевому электроду длиной 2-3 м.

Минимально допустимые сечения (диаметры) электродов искусственных заземлителей определяются по табл. 6.

В зданиях большой площади (шириной более 100 м) наружный контур заземления может также использоваться для выравнивания потенциалов внутри здания.

Во всех возможных случаях заземлитель защиты от прямых ударов молнии должен быть объединен с заземлителем электроустановки.

4.3.3. 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 укладке сетки на защищаемом строении в качестве заземлителей следует использовать железобетонный фундамент или наружный контур, проложенный по периметру строения под асфальтовой или бетонной отмосткой.

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

4.3.4. Молниезащита наружных установок, содержащих горючие жидкости с температурой вспышки паров выше

61 °С и соответствующих п. 6 табл. 2, должна быть выполнена следующим образом:

а) корпуса установок из железобетона, и корпуса установок и резервуаров из металла при толщине крыши менее 4 мм должны быть оборудованы молниеотводами, установленными на защищаемом сооружении или отдельно стоящими;

б) металлические корпуса установок и резервуаров при толщине крыши 4 мм и более следует присоединять к заземлителю.

Конструкции заземлителей должны отвечать требованиям п. 3.2.9.

4.3.5. Расположенные в сельской местности небольшие строения с неметаллической кровлей, соответствующие указанным в пп. 5 и 9 табл. 2, 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 прокладывают с двух сторон по торцевым стенам строения и присоединяют 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.д. К кровле должны быть присоединены все выступающие на ней металлические предметы.

Во всех случаях следует применять молниеприемники и токоотводы минимальным диаметром 6 мм, а в качестве заземлителя - один вертикальный высотой 2-3 м или горизонтальный электрод длиной 2-3 м минимальным диаметром 10 мм, уложенный на глубине не менее 0,5 м.

Соединения элементов молниеотводов допускаются сварные и болтовые.

4.3.6. Защита от прямых ударов молнии неметаллических труб, башен, вышек высотой более 15 м должна быть выполнена путем установки на этих сооружениях при их высоте:

до 50 м - одного стержневого молниеприемника высотой не менее 1 м;

от 50 до 150 м - двух стержневых молниеприемников высотой не менее 1 м, соединенных на верхнем торце трубы;

более 150 м - не менее трех стержневых молниеприемников высотой 0,2 - 0,5 м или по верхнему торцу трубы должно быть уложено стальное кольцо сечением не менее 160 мм^2.

В качестве молниеприемника может также использоваться защитный колпак, устанавливаемый на дымовой трубе, или металлические конструкции типа антенн, устанавливаемые на телебашнях.

При высоте сооружения до 50 м от молниеприемников должна быть предусмотрена прокладка одного токоотвода; при высоте сооружения более 50 м токоотводы должны быть проложены не реже чем через 25 м по периметру основания сооружения, их минимальное количество два.

Сечения (диаметры) токоотводов должны удовлетворять требованиям табл. 6, а в зонах с высокой загазованностью или агрессивными выбросами в атмосферу диаметры токоотводов должны быть не менее 12 мм.

В качестве токоотводов могут использоваться ходовые металлические лестницы, в том числе с болтовыми соединениями звеньев, и прочие вертикальные металлические конструкции.

На железобетонных трубах в качестве токоотводов следует использовать арматурные стержни, соединенные по высоте трубы сваркой, скруткой или внахлест; при этом прокладка наружных токоотводов не требуется. Соединение молниеприемника с арматурой должно выполняться минимум в двух точках.

Все соединения молниеприемников с токоотводами должны быть выполнены сваркой.

Для металлических труб, башен, вышек установка молниеприемников и прокладка токоотводов не требуется.

В качестве заземлителей защиты от прямых ударов молнии металлических и неметаллических труб, башен, вышек следует использовать их железобетонные фундаменты. При невозможности использования фундаментов на каждый токоотвод должен быть предусмотрен искусственный заземлитель из двух стержней, соединенных горизонтальным электродом (см. табл. 3); при периметре основания сооружения не более 25 м искусственный заземлитель может быть выполнен в виде горизонтального контура, проложенного на глубине не менее 0,5 м и выполненного из электрода круглого сечения (см. табл. 5). При ис-

пользовании в качестве токоотводов арматурных стержней сооружения их соединения с искусственными заземлителями должны выполняться не реже чем через 25 м при минимальном количестве присоединений, равном двум.

При возведении неметаллических труб, башен, вышек металлоконструкции монтажного оборудования (грузопассажирские и шахтные подъемники, кран-укосина и др.) должны быть присоединены к заземлителям. В этом случае временные мероприятия по молниезащите на период строительства могут не выполняться.

4.3.7. 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 молний.

4.3.8. 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.

5 КОНСТРУКЦИИ МОЛНИЕОТВОДОВ

5.1. 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 нагрузок.

5.2. Опоры отдельно стоящих молниеотводов могут выполняться из стали любой марки, железобетона или дерева.

5.3. Стержневые молниеприемники должны быть изготовлены из стали любой марки сечением не менее 100 мм^2 и длиной не менее 200 мм и защищены от коррозии оцинкованием, лужением или окраской.

Тросовые молниеприемники должны быть выполнены из стальных многопроволочных канатов сечением не менее 35 мм^2.

5.4. 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.

5.5. Токоотводы, соединяющие молниеприемники всех видов с заземлителями, следует выполнять из стали размерами не менее указанных в табл. 6.

5.6. При установке молниеотводов на защищаемом объекте и невозможности использования в качестве токоотводов металлических конструкций здания токоотводы должны быть проложены к заземлителям по наружным стенам здания кратчайшими безопасными путями.

5.7. Допускается использование любых конструкций железобетонных фундаментов зданий и сооружений (свайных, ленточных и т.п.) в качестве естественных заземлителей молниезащиты.

Допустимые размеры одиночных конструкций железобетонных фундаментов, используемых в качестве заземлителей, приведены в табл. 5.

5.8. Рекомендуемые конструкции и размеры сосредоточенных искусственных заземлителей приведены в табл. 3. Минимально допустимые сечения (диаметры) электродов искусственных заземлителей нормированы в табл. 6.

6 ЗОНЫ ЗАЩИТЫ МОЛНИЕОТВОДОВ

6.1. Одиночный стержневой молниеотвод

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h представляет собой круговой конус (рис. 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.

6.1.1. Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой $h \le 150$ 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: $h_0 = 0{,}92h$;
$r_0 = 1{,}5/h$;
$r_x = 1{,}5(h - h_x/0{,}92)$.

Для зоны Б высота h одиночного стержневого молниеотвода при известных значениях h_x и r_x может быть определена по формуле

$$h = (r_x + 1{,}63h_x)/1{,}5.$$

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

Зона А:

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

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

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

Зона Б:

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

$$r_0 = 225 \text{ м}$$

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

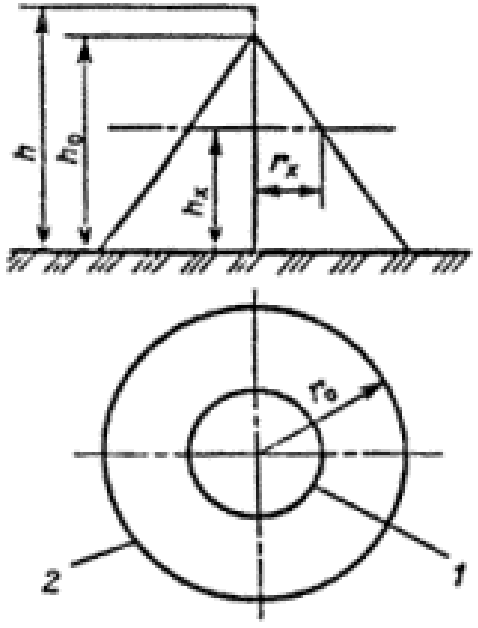


Рисунок 3 - Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода:
1 - граница зоны защиты на уровне h_x, *2* -то же на уровне земли

6. 2. Двойной стержневой молниеотвод

6.2.1. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода высотой $h \le 150$ м представлена на рис. 4. Торцевые области зоны защиты определяются как зоны одиночных стержневых молниеотводов, габаритные размеры которых h_0, r_0, r_{x1}, r_{x2} определяются по формулам п. 6.1.1 настоящего приложения для обоих типов зон защиты.

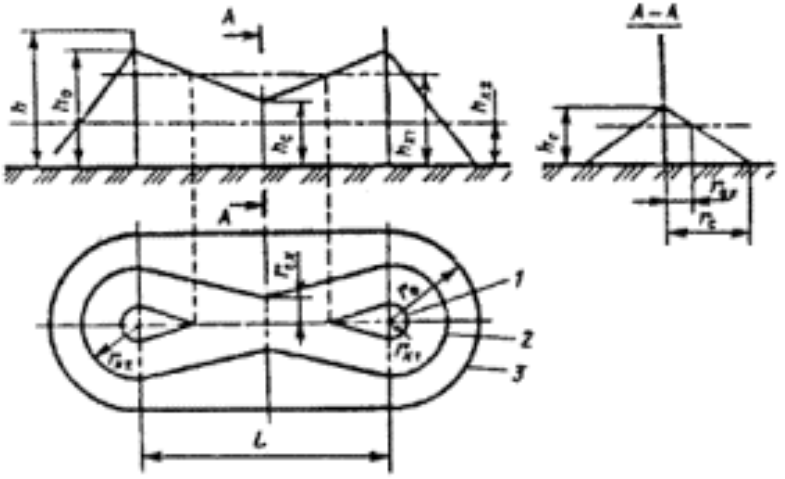


Рисунок 4 - Зона защиты двойного стержневого молниеотвода:
1 - граница зоны защиты на уровне h_{x1}; *2* -то же на уровне h_{x2}, *3* -то же на уровне земли

Внутренние области зон защиты двойного стержневого молниеотвода имеют следующие габаритные размеры.

Зона А:

при $L \le h$

$$h_c = h_0, \quad r_{cx} = r_x, \quad r_c = r_0,$$

При $h < L \le 2h$

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

$$r_c = r_0;\ r_{cx} = r_0\left(h_c - h_x\right)/h_c$$

при $2h < L \le 4h$

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

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

$$r_{cx} = r_c\left(h_c - h_x\right)/h_c;$$

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

Зона Б:

при $L \le h$

$$h_c = h_0\ ;\ r_{cк} = r_x;\ r_c = r_0;$$

при $h < L \le 6h$

$$h_c = h_0 - 0{,}14\left(L - h\right);\ r_c = r_0\ ;\ r_{cx} = r_0\left(h_c - h_x\right)/h_c;$$

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

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

$$h = (h_c + 0{,}14L) / 1{,}06.$$

6.2.2. Зона защиты двух стержневых молниеотводов разной высоты h_1 и $h_2 \le 150$ м приведена на рис. 4. Габаритные размеры торцевых областей зон защиты h_{01}, h_{02}, r_{01}, r_{02}, r_{x1},r_{x2} определяются по формулам п.

6.1.1, как для зон защиты обоих типов одиночного стержневого молниеотвода. Габаритные размеры внутренней области зоны защиты определяются по формулам:

$$r_c = (r_{01} + r_{02})/2;\ h_c = (h_{c1} + h_{c2})/2;\ r_{cx} = r_c\left(h_c - h_x\right)/h_c;$$

где значения h_{c1} и h_{c2} вычисляются по формулам для h_c п. 6.2.1.

Для двух молниеотводов разной высоты построение зоны А двойного стержневого молниеотвода выполняется при $L \le 4h_{min}$, а зоны Б - при $L \le 6h_{min}$. При соответствующих больших расстояниях между молниеотводами они рассматриваются как одиночные.

6.3. Многократный стержневой молниеотвод

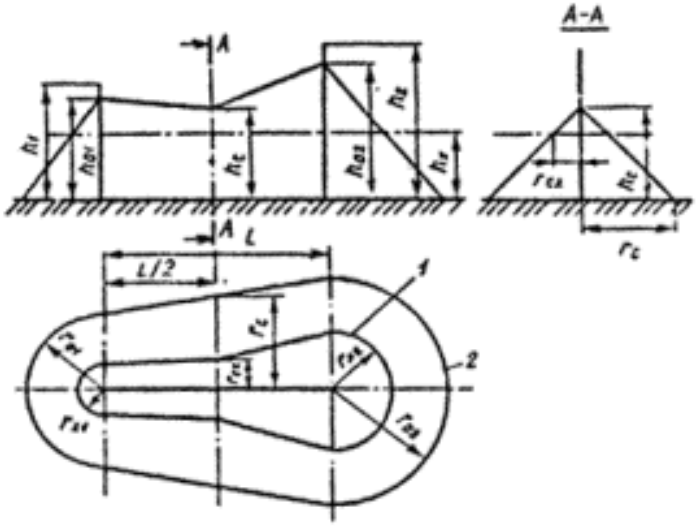
Зона защиты многократного стержневого молниеотвода (рис. 6) пределяется как зона защиты попарно взятых соседних стержневых молниеотводов высотой $h \le 150$ м (см. пп. 6.1, 6.2).

Основным условием защищенности одного или нескольких объектов высотой h_x с надежностью, соответствующей надежности зоны А и зоны Б, является выполнение неравенства $r_{cx} > 0$ для всех попарно взятых молниеотводов. В противном случае построение зон защиты должно быть выполнено для одиночных или двойных стержневых молниеотводов.

6.4. Одиночный тросовый молниеотвод.

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой $h \le 150$ м приведена на рис. 7 где h - высота троса в середине пролета. С учетом стрелы провеса троса сечением 35-50 мм^2 при известной высоте опор h_{on} и длине пролета a высота троса (в метрах) определяется:

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



Рисувнок 5 - Зона зашиты двух стержневых молниеотводов разной высоты.
Обозначения те же, что и на рис. 3

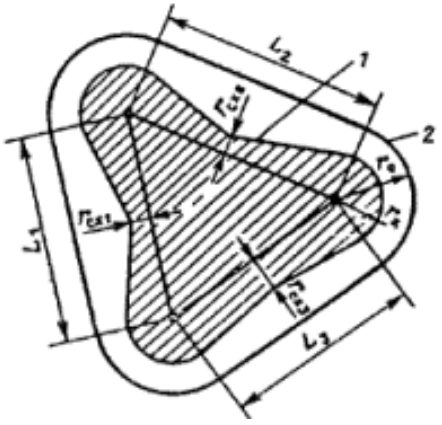


Рисунок 6 - Зона защиты (в плане) многократного стержневого молниеотвода.
Обозначения те же, что и на рис. 3

$h = h_{on}$ - 3 при 120 < a < 150 м.

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

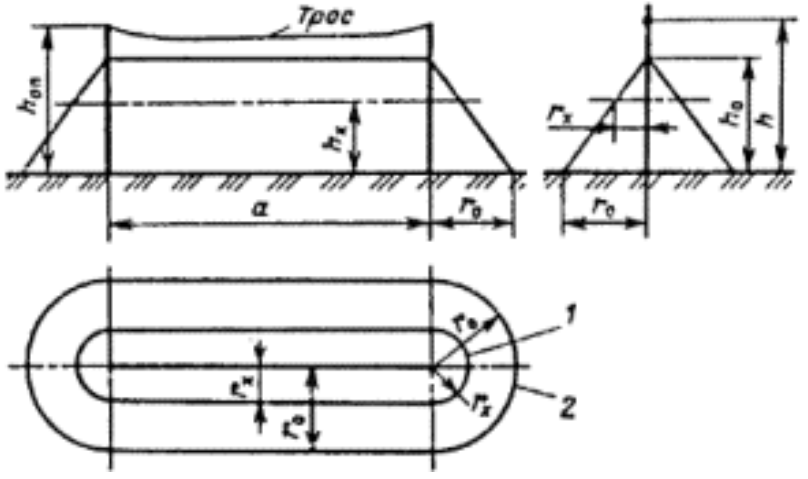


Рисунок 7 - Зона защиты одиночного тросового молниеотвода.
Обозначения те же, что и на рис. 3

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

$$h = \left(r_x + 1{,}85 h_x\right) / 1{,}7$$

7 ПРИМЕРЫ ИСПОЛНЕНИЯ МОЛНИЕЗАЩИТЫ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

(Разработаны ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, институтом Гипротрубопровод и ГИАП)

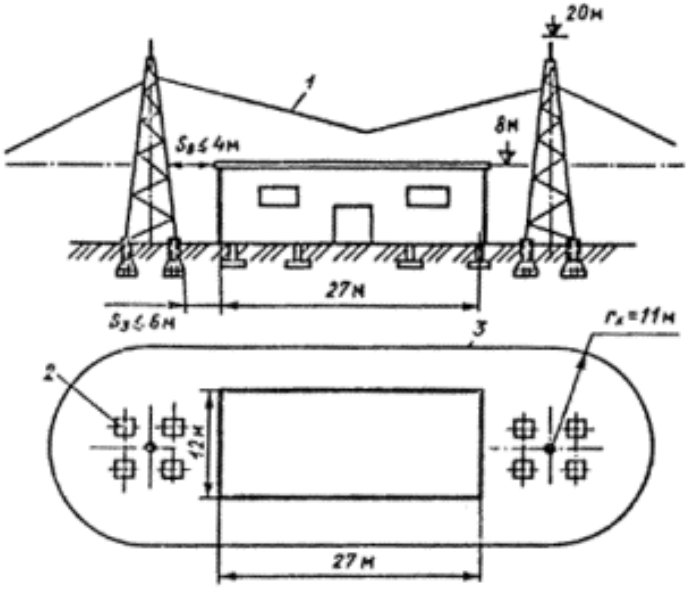


Рисунок 8 - Молниезащита здания I категории отдельно стоящим двойным стержневым молниеотводом (ρ = 300 Ом м, $S_в \leq$ 4 м, $S_з$ 6 м): *1* - граница зоны защиты; *2* - заземлители-подножники фундамента; *3* - зона защиты на отметке 8,0 м

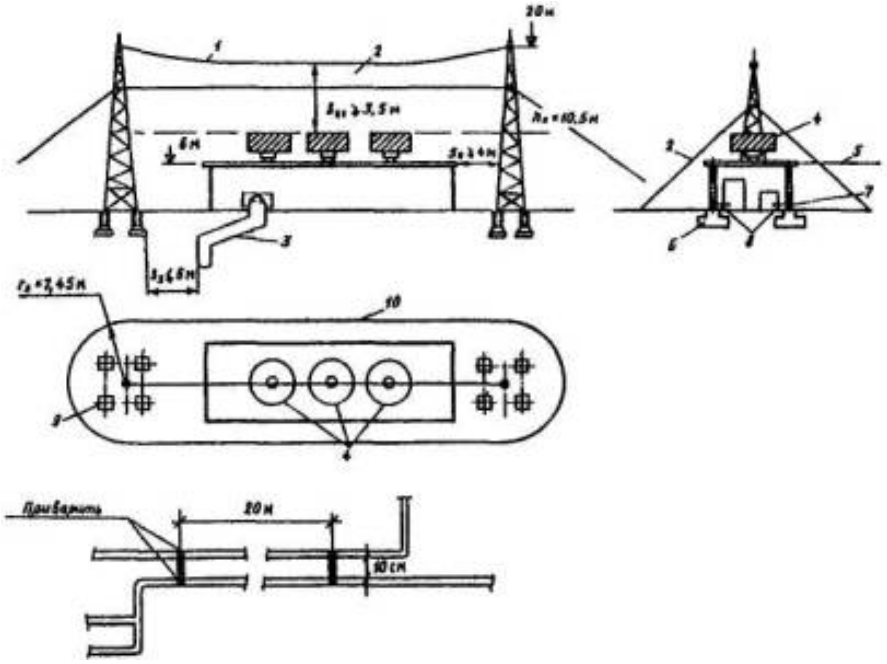


Рисунок 9 - Молниезащита здания I категории отдельно стоящим тросовым молниеотводом (ρ = 300 Ом м, $S_0 \leq 4$ м, $S_з \leq 6$ м, $S_{в1} \geq 3{,}5$ м): *1* - трос; *2* - граница зоны защиты; *3* - ввод подземного трубопровода; *4* - граница распространения взрывоопасной концентрации; *5* - соединения арматуры, выполняемые сваркой; *6* - железобетонный фундамент; *7* - закладные элементы для присоединения оборудования; *8* - заземляющий проводник из стали 4□40 мм; *9* - заземлители - железобетонные подножники; *10* - граница зоны защиты на отметке 10,8 м

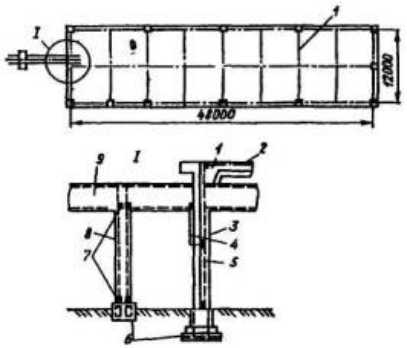


Рисунок 10 - Молниезащита здания II категории сеткой, уложенной на кровлю под изоляцию:
1 - молниеприемная сетка; *2* - гидроизоляция здания; *3* - опора здания; *4* - стальная перемычка; *5* - арматура колонны; *6* – заземлители - железобетонные фундаменты; 7 - закладная деталь; 8 - опора эстакады; 9 - технологическая эстакада

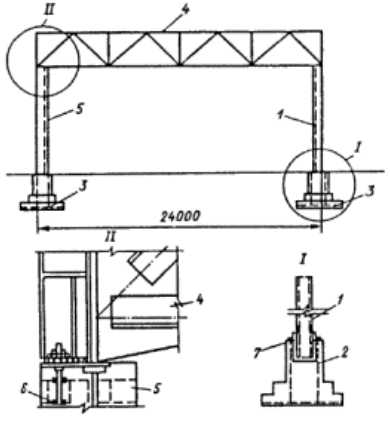


Рисунок 11 - Молниезащита здания II категории с металлическими фермами (в качестве токоотводов и заземлителей использована арматура железобетонных колонн и фундаментов):
1 - арматура колонны; *2* - арматура фундамента; *3* - заземлитель; *4* - стальная ферма; *5* - железобетонная колонна; *6* - анкерные болты, привариваемые к арматуре; *7* - закладная деталь

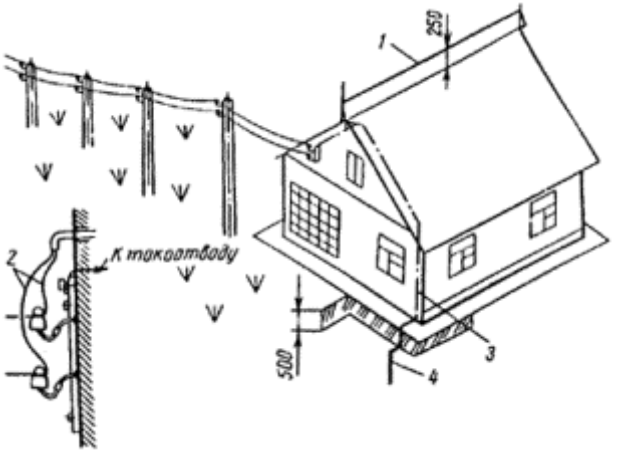


Рисунок 12 - Молниезащита сельского дома тросовым молниеотводом, установленным на крыше:
1 - тросовый молниеприемник; *2* - ввод воздушной линии электропередачи (ВЛ) и заземление крюков ВЛ на стене; *3* - токоотвод; *4* – заземлитель

8 ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА МОЛНИЕОТВОДОВ

Задача 1. Дать рекомендации по необходимой высоте отдельно стоящего стержневого молниеотвода для защиты здания газораспределительного пункта природного газа. Месторасположение молниеотвода и размер здания даны на рисунке. Здание находится в местности с продолжительностью гроз 60-80 ч/год.

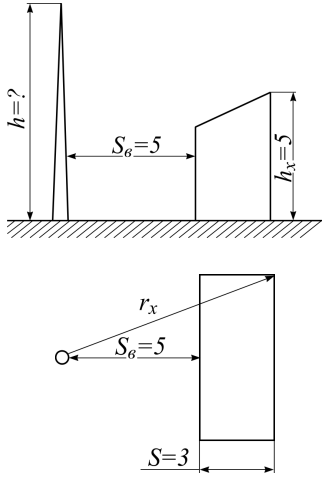


Рисунок к задаче 1

Решение.

1. Определяем категорию здания газораспределительного пункта. Класс зоны по ПУЭ В-Iа, категория молниезащиты здания согласно табл. 2 – II.

2. Определяем тип зоны защиты молниеотвода, учитывая, что при $N > 1$ – зона типа А, а при $N \le 1$ - типа Б.

$$N = \left[(3+6\cdot 5)(6+6\cdot 5) - 7{,}7\cdot 5^2\right] 5{,}5\cdot 10^{-6} = 0{,}005.$$

Т.к. $N<1$, то зона защиты молниеотвода должна быть типа Б.

3. Радиус защиты на высоте h_x = 5 м составляет

$$r_x = \sqrt{(5+3)^2 + 3^2} = 8{,}54\,\text{м}.$$

4. Необходимая высота молниеотвода

$$h = \frac{r_x + 1{,}63h_x}{1{,}5} = \frac{8{,}54 + 1{,}63\cdot 5}{1{,}5} = 11{,}13\ \text{м}.$$

Принимаем h = 11,5 м.

Задача 2. Определить необходимую высоту двойного стержневого молниеотвода для защиты здания мельницы. Продолжительность гроз – 80-100 ч/год. Размеры здания приведены на рисунке.

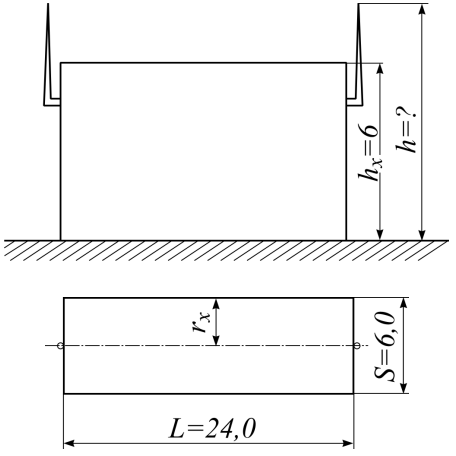


Рисунок к задаче 2

Решение.

1. Согласно ПУЭ мукомольное производство относится к зоне класса В-Iа. Следовательно, по молниезащите здание относится к категории II.

2. Ожидаемое количество поражений молнией в год N

$$N = [(6+6\cdot 6)(24+6\cdot 6) - 7{,}7\cdot 6^2]\cdot 7\cdot 10^{-6} = 0{,}017.$$

Поскольку $N < 1$ зона защиты должна быть типа Б.

3. Необходимая высота молниеотвода определяется подбором при условии, что $S/2 = 3м \le r_{cx}$. Предварительно принимаем h = 13 м.

$r_0 = 1{,}5h = 1{,}5\cdot 13 = 19{,}5м$; h_x = 6 м (см. рис. 3)

$$h_c = h_o - (0{,}17 + 3\cdot 10^{-4}h)(L-h) = 11{,}96 - (0{,}17 + 13\cdot 3\cdot 10^{-4})\times$$

$$\times(24-13) = 10{,}05м;$$

$$r_{cx} = r_0\frac{h_c - h_x}{h_c} = 19{,}5\frac{10{,}05-6}{10{,}05} = 7{,}8м;$$

$h_0 = 0{,}92h = 0{,}92\cdot 13 = 11{,}96$ м.

Т.к. $r_{cx} = 7{,}8 > S/2 = 3$, то высота молниеотвода выбрана правильно.

Задача 3. Для защиты здания газокомпрессорной станции водорода запроектировать тросовый молниеотвод, опоры которого расположены в торцах здания по оси симметрии. Размер здания 30×6 м, высота 8 м. Грозовая активность 80-100 ч/год. Учесть наличие на крыше здания газоотводных труб.

1. В соответствии с табл. 2, п.2 здание газокомпрессорной станции водорода относится ко II категории молниезащиты.

2. Тип зоны защиты молниеотвода определяется в зависимости от значения N.

$$N = [(6+6\cdot 8)(30+6\cdot 8) - 7{,}7\cdot 64]\cdot 7\cdot 10^{-6} = 0{,}039.$$

Поскольку $N < 1$, зона защиты молниеотвода должна быть типа Б.

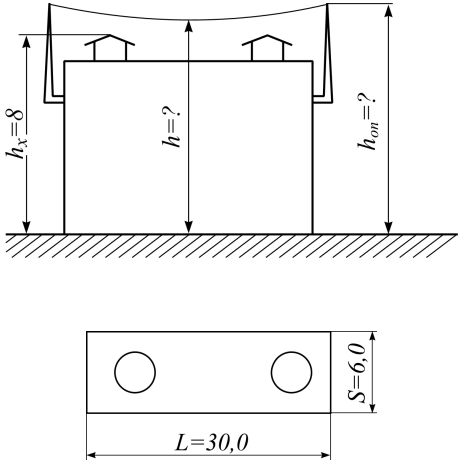


Рисунок к задаче 3

Решение.

3. Необходимая высота молниеотвода с учетом зоны взрывоопасности около газоотводных труб определяется следующим образом:

а) по РД [2] размеры взрывоопасной зоны принимаются по высоте 2,5 м, по горизонтали 5 м от места выброса. Следовательно, высота защитного уровня принимается равной h_x = 8 + 2,5 = 10,5 м; радиус зоны защиты на этой высоте r_x = 5 м;

б) высота зоны защиты

$$h = \frac{5 + 1{,}85 + 10{,}5}{1{,}7} = 14{,}36 \quad м.$$

4. С учетом стрелы провеса троса высоту стоек следует принять такой, чтобы удовлетворялось равенство $h = h_{on} - 2$ м, откуда

$h_{on} = h + 2 = 14{,}36 + 2 = 16{,}36$ м.

Вывод: высоту стоек следует принять 16,5 м от уровня земли или 8,5 м от уровня крыши.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).-М.: Главгосэнергонадзор России, 2010.

2. Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122-87. –М.: Энергоатомиздат, 1989.

3. Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122-2003. -М.: Издательство МЭИ, 2004.

4. СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства. ВНИИпроектэлектромонтаж, 1985.

5. Черкасов В.Н., Костарев Н.П. Пожарная безопасность электроустановок: Учебник.-М.: Академия ГПС МЧС России, 2002.