

ИННОВАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА



Проект 3: устойчивое развитие: человек-природа-культурное наследие

Цель: реализация инновационных образовательных программ для подготовки и переподготовки специалистов социально-экономической, медико-биологической и культурной сфер и для формирования у населения здорового образа жизни.

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра безопасности жизнедеятельности

МОЛНИЕЗАЩИТА

*Методические указания к практической работе
по дисциплине «Защита в чрезвычайных ситуациях»*

Составитель
О. Н. ХМАРУК

Владимир 2008

УДК 504.75+621.316.98

ББК 26.231.6

М75

Рецензент

Доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой безопасности жизнедеятельности
Владимирского государственного университета

О. В. Веселов

Печатается по решению редакционного совета
Владимирского государственного университета

Молниезащита : метод. указания к практ. работе по
М75 дисциплине «Защита в чрезвычайных ситуациях» / Владим.
гос. ун-т; сост. О. Н. Хмарук. – Владимир : Изд-во Владим.
гос. ун-та, 2008. – 31 с.

Разработаны в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов в сфере безопасности жизнедеятельности.

Предназначены для студентов очной формы обучения специальности 280102 – безопасность технологических процессов и производств, изучающих дисциплину «Защита в чрезвычайных ситуациях» и выполняющих этот раздел в дипломном проекте.

Табл. 7. Ил. 8. Библиогр.: 8 назв.

УДК 504.75+621.316.98

ББК 26.231.6

1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О МОЛНИЕЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ И ЗОНАХ ЗАЩИТЫ МОЛНИЕОТВОДОВ

Молниезащитой называется комплекс защитных устройств, предназначенных для безопасности людей, сохранности зданий и сооружений, оборудования и материалов от возможных взрывов, загораний, разрушений, возникающих при воздействии молнии.

Для приема электрического разряда молнии (тока молнии) служат устройства-молниеотводы, состоящие из несущей части (например опоры), молниеприемника (металлический стержень, трос или сетка токоотвода) и заземлителя. Каждый молниеотвод в зависимости от его конструкции и высоты имеет определенную зону защиты, внутри которой объекты не подвержены прямым ударам молнии. Согласно РД 34.21.122-87 все здания и сооружения должны иметь защиту по одной из пяти категорий (табл. 1). Категория молниезащиты зависит от пожаро-взрывоопасных свойств помещений и зданий, которая определяется в соответствии с НПБ 105-95, а также от тяжести опасных последствий ударов молнии (экологический ущерб, людские потери, материальные потери и др.).

Таблица 1

Категории помещений по взрыво- и пожароопасным свойствам

Категория	Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении
А – взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 25 °С в таком количестве, что могут образовывать парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 КПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 КПа.

Категория	Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении
Б – взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 КПа.
В1-В4 – пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Все объекты категории А должны иметь молниезащиту как от прямых ударов молнии, так и вторичных ее воздействий и заноса опасных потенциалов через коммуникации.

Объекты категории Б защищают в районах со средней грозовой деятельностью 10 грозовых часов в год и более, а объекты категории В1-В4 – 20 грозовых часов в год и более.

Согласно СН-305-77 для устройств молниезащиты первой категории от прямых ударов молнии применяют отдельно стоящие стержневые и тросовые молниеотводы или изолированные стержневые молниеотводы, установленные на самом здании.

Для зданий высотой более 30 м допускается осуществлять защиту от прямых ударов молнии путем установки на защищаемом здании или сооружении неизолированных стержневых или тросо-

вых молниеотводов, обеспечивающих достаточную зону защиты, или путем наложения на металлическую кровлю здания молниеприемной сетки, или использования в качестве молниеприемника металлической кровли.

Защита зданий и сооружений от прямых ударов осуществляется молниеотводами, состоящими из молниеприемников 1, воспринимающих непосредственно на себя разряд молнии, заземляющих устройств 3, служащих для отвода тока молнии в землю и токоотводов 2, соединяющих молниеприемники с заземлителями. При ударе молнии разряд атмосферного электричества проходит через молниеотвод, минуя защищаемое здание или сооружение (рис. 1 – 4).

Для защиты больших площадей, а также для большей надежности зоны защиты применяют многократные стержневые молниеотводы.

Стержневой (диверторный) молниеотвод может быть одиночным – с одним стержнем, двойным – с двумя отдельно стоящими стержнями и многократным – с тремя и более отдельно стоящими стержнями, образующими общую зону защиты.

Тросовый молниеотвод может быть одиночным, состоящим из одного троса (антенны), закрепленного на двух опорах, по каждой из них прокладывается токоотвод, присоединенный к отдельному заземлителю у основания; и двойным, состоящим из двух одиночных тросовых молниеотводов одинаковой высоты, расположенных параллельно и действующих совместно, образующих общую зону защиты. Зоны защиты молниеотводов приведены в табл. 2.

Молниеприемники изготавливаются преимущественно из стали. Длина стержневых молниеотводов от 200 до 1500 мм, площадь сечения не менее 100 мм².

Токоотводы изготавливают из стальной проволоки сечением 35 мм² из многожильного троса или стали любого профиля или марки.

Молниеприемники тросовых молниеотводов изготавливают из стального многожильного оцинкованного троса сечением не менее 35 мм² (диаметром 7 мм). В качестве молниеприемников можно использовать металлические конструкции защищаемых объектов: трубы, дефлекторы, крыши зданий, решетки и другие конструкции, возвышающиеся над объектом. В табл. 3 приведены параметры молниеприемников, токоотводов и электродов заземлителей.

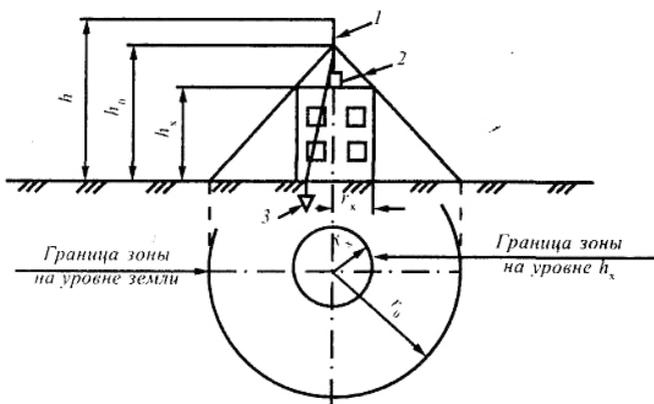


Рис. 1. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой до 150 м

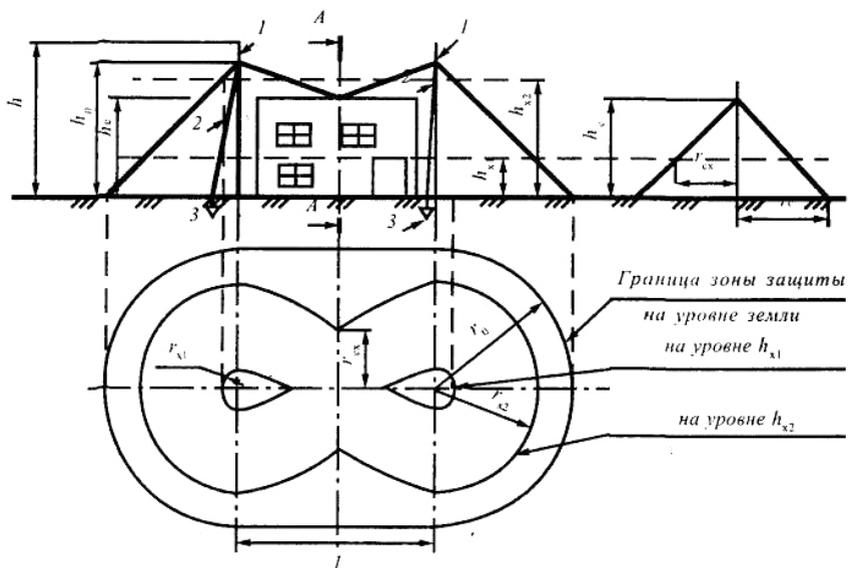


Рис. 2. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода высотой до 150 м

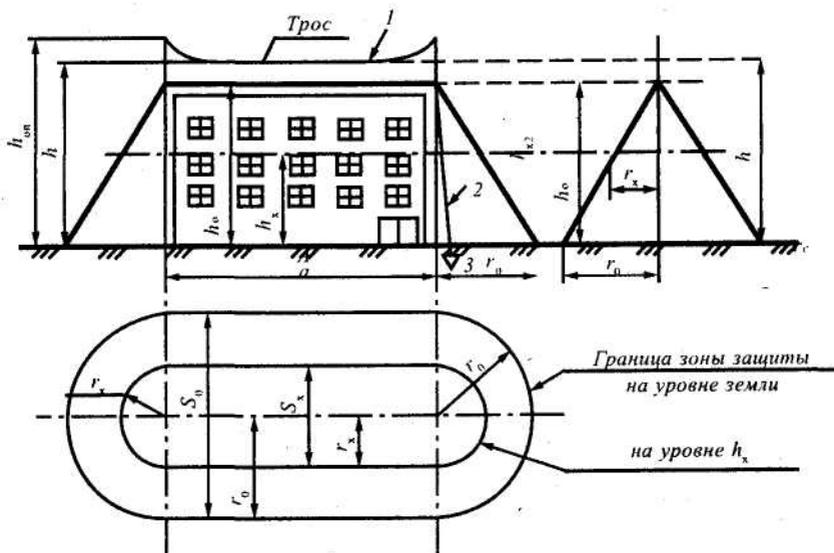


Рис. 3. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой до 150 м

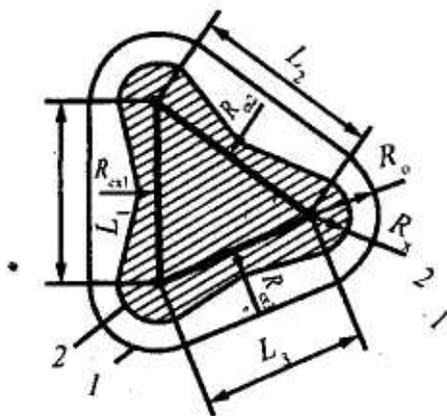


Рис. 4. Зона защиты (в плане) многократного стержневого молниеотвода.

Границы зоны защиты:
1 – на уровне земли; 2 – на уровне h_b

Зона защиты многократного стержневого молниеотвода равной высоты определяется как зона защиты попарно взятых соседних стержневых молниеотводов.

Таблица 2

Зоны защиты молниеотводов

Тип молниеотвода и габариты зоны защиты	Расчетные уравнения габаритов	
	Зона А	Зона Б
1. Одиночный стержневой молниеотвод высотой $h \leq 150$ м (см. рис. 1)		
Высота зоны защиты h_o над землей, м	$h_o = 0,85h$	$h_o = 0,92h$
Радиус зоны защиты r_o на уровне земли, м	$r_o = (1,1 - 0,002h)h$	$r_o = 1,5h$
Радиус зоны защиты r_x на высоте h_x над землей, м	$r_x = (1,1 - 0,002h) \cdot (h - h_x/0,85)$	$r_x = 1,5(h - h_x/0,92)$
2. Двойной стержневой молниеотвод, состоящий из двух стержневых молниеотводов одинаковой высоты $h \leq 150$ м, отстоящих один от другого на расстоянии l , м (см. рис. 2)		
Высота зоны защиты h_c над землей в середине между молниеотводами, м		
при $l \leq h$	$h_c = h_o$	—
при $l > h$	$h_c = h_o - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h) \cdot (l - h)$	—
при $l \geq 1,5h$	—	$h_c = h_o$
при $l > 1,5h$	—	$h_c = h_o - 0,14 \cdot (l - 1,5h)$
Ширина зоны защиты $2r_c$ на уровне земли в середине между молниеотводами, м	$2r_c = 2r_o$	$2r_c = 2r_o$

Окончание табл. 2

Тип молниеотвода и габариты зоны защиты	Расчетные уравнения габаритов	
	Зона А	Зона Б
Ширина зоны защиты $2r_{cx}$ на высоте h_x , м, в середине между молниеотводами, м		
при $l \leq h$	$2r_{cx} = 2r_x$	—
при $l > h$	$2r_{cx} = 2r_o ((h_c - h_x)/h_c)$	—
при $l \geq 1,5h$	—	$2r_{cx} = 2r_x$
при $l > 1,5h$	—	$2r_{cx} = 2r_o ((h_c - h_x)/h_c)$
3. Одиночный тросовый молниеотвод высотой $h \leq 150$ м с опорами, отстоящими одна от другой на расстоянии a , м (см. рис. 3)		
Высота зоны защиты h_o , м	$h_o = 0,85h$	$h_o = 0,92h$
Радиус торцевых областей зоны защиты r_o на уровне земли, м	$r_o = (1,35 - 0,0025h)h$	$r_o = 1,7h$
Ширина зоны защиты на участке между опорами S_o на уровне земли, м	$S_o = 2r_o$	$S_o = 2r_o$
Радиус торцевых областей зоны защиты r_x на высоте h_x над землей, м	$r_x = (1,35 - 0,0025h) \cdot (h - h_x/0,85)$	$r_x = 1,7(h - h_x/0,92)$
Ширина зоны защиты на участке между опорами S_x на высоте h_x над землей, м	$S_x = 2r_x$	$S_x = 2r_x$

Примечания: 1. Зона защиты молниеотвода – часть пространства, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с определенной степенью надежности. Зона защиты типа А обладает степенью надежности 99,5 %, а зона типа Б – 95 % и выше.

2. К п. 1. Для зоны Б высота одиночного стержневого молниеотвода при известных h_x и r_x может быть определена по формуле $h = (r_x \pm 1,63h_x)/1,5$.

3. К п. 2. Торцевые области обеих зон защиты определяются как зоны одиночных стержневых молниеотводов. Габариты h_o, r_o, r_{x1}, r_{x2} определяются по формулам п. 1 данной таблицы.

4. К п. 2. Зона А существует при $l \leq 3h$, зона Б – при $l \leq 5h$; если стержневые молниеотводы находятся на расстоянии $l > 5h$, их надо рассматривать как одиночные. При известных h_c и l (при $r_{cx} = 0$) высота молниеотвода для зоны Б определяется по формуле $h = (h_c + 0,14l)/1,13$.

5. К п. 3. Расстояние h , м от стального троса сечением 35 – 50 мм² до поверхности земли в точке его наибольшего провеса:

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

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

6. К п. 3. Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных h_x и r_x определяется по формуле $h = (r_x + 1,8h_x)/1,7$.

7. Зона защиты многократного стержневого молниеотвода равной высоты определяется как зона защиты попарно взятых соседних стержневых молниеотводов.

Таблица 3

Размеры молниеприемников, токоотводов
и электродов заземлителей

Номер п/п	Форма и материал молниеприемников, токоотводов и электродов	Наименьшее допустимое значение
1	Молниеприемники	
	Стержень (для стержневых молниеотводов) из стали любых марок или другого металла:	
	длина, мм	200
	площадь сечения, мм ²	100

Окончание табл. 3

Номер п/п	Форма и материал молниеприемников, токоотводов и электродов	Наименьшее допустимое значение
2	Трос (для тросовых молниеотводов) стальной многопроволочный оцинкованный: сечение, мм ² диаметр, мм	35 7
	Токоотводы	
3	Сталь круглого сечения диаметром, мм	6
4	Полосовая сталь: площадь сечения, мм ² толщина, мм	48 4
	Электроды заземлителей	
5	Прутковая сталь диаметром, мм	10
6	Полосовая сталь: площадь сечения, мм ² толщина, мм	160 4
7	Угловая сталь: площадь сечения, мм ² толщина полки, мм	160 4
8	Труба стальная с толщиной стенки, мм	3,5

2. КОНСТРУКЦИЯ МОЛНИЕОТВОДОВ

Опоры стержневых и тросовых молниеотводов как отдельно стоящих, так и устанавливаемых на защищаемом объекте, могут быть деревянными, металлическими и железобетонными (рис. 5).

Деревянная опора обычно состоит из основной стойки и пасынков, выполненных из дерева или железобетона (последние предпочтительнее). Деревянные части, особенно подземные, антисепти-

руют. Высота такого молниеотвода редко превышает 25 м. Опору зарывают в землю на 0,1 – 0,2 ее полной высоты в зависимости от грунта. Диаметр бревна в верхнем срубе должен быть не менее 100 мм (рис. 5, а).

Металлическую опору для молниеотвода высотой 20 – 75 м (рис. 5, б) чаще всего выполняют в виде жесткой решетчатой конструкции. Ее устанавливают на четырех железобетонных подножках, наверху к ней приваривают молниеприемник и предохраняют от коррозии регулярной окраской. Такой молниеотвод не требует специального токоотвода, так как сам хорошо проводит ток.

Железобетонные опоры могут быть различной формы (рис. 5, в, г), арматура в них – частично или полностью предварительно напряженная. Бетон может быть вибрированным или центрифугированным. На вершине опоры устанавливают молниеприемник и соединяют с токоотводом, который прокладывают по опоре. В некоторых случаях молниеприемник соединяют с арматурой, используемой в качестве токоотводов.

Для тросовых молниеотводов можно использовать те же опоры, но иногда требуется повышать их устойчивость оттяжками или подкосами. Выбор того или иного материала опор обуславливается в основном необходимой высотой молниеотводов, расчетными механическими нагрузками, а также экономическими соображениями.

Молниеотводы, устанавливаемые на сооружении, делятся на настенные и кровельные. Первые применяют чаще, их молниеприемники изготавливают из трубы или угловой стали и закрепляют посредством скоб, хомутов или кронштейнов. Молниеприемники кровельные (рис. 5, д) чаще всего выполняют из труб разного диаметра и снабжают фланцами для крепления к крыше при помощи болтов. Дополнительная устойчивость достигается посредством оттяжек из полосовой или угловой стали. Высота таких молниеприемников колеблется от 5 до 10 м.

Молниеприемники стержневые изготавливают из покрытой антикоррозионной защитой (оцинковывание, лужение, покраска) полосовой, круглой и угловой стали или из некондиционных водогазопроводных труб. Конец трубы сплющивают или надежно закрывают металлической пробкой. Наименьшее сечение молниеприемника должно быть 100 мм².

В качестве молниеприемников можно использовать дымовые, выхлопные и другие металлические трубы объекта, дефлекторы (если они не выбрасывают горючие пары и газы), кровлю и другие металлические элементы сооружений.

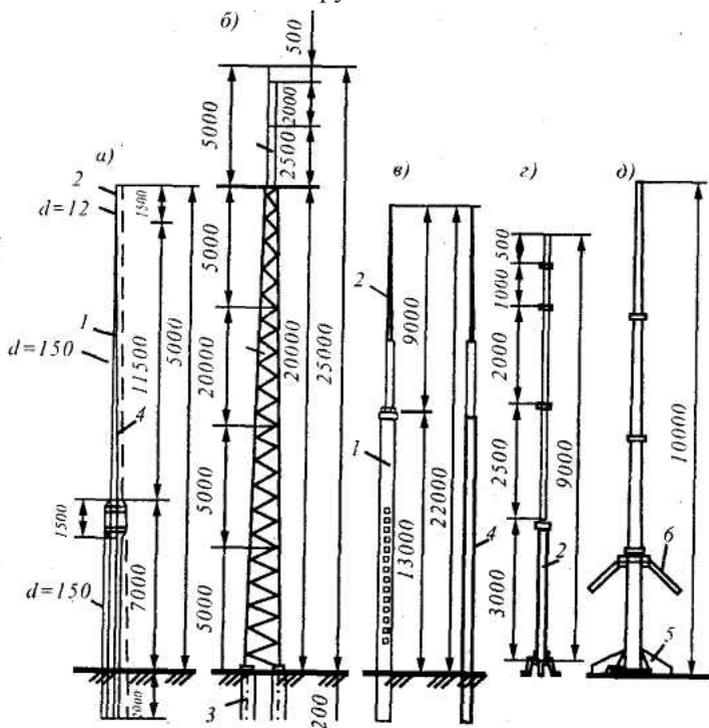


Рис. 5. Конструкции стержневых молниеотводов и молниеприемников: а – на деревянной опоре; б – металлический решетчатый М-25; в – на железобетонной опоре; г – молниеприемник железобетонного молниеотвода; д – из газовых труб, устанавливаемых на крыше; 1 – опора (стойка); 2 – молниеприемник; 3 – подножник; 4 – токоотвод (спуск); 5 – фланец; 6 – оттяжка

Молниеприемники, выполненные в виде сетки, сваренной из круглой стали диаметром 6 – 8 мм или полосовой стали сечением не менее 48 мм², укладывают на кровлю под гидро- и теплоизоляцию (если они негорючие). Это не затрудняет сток воды с кровли и очистку от снега. Шаг ячейки берут для зданий категории Б 6х6 м, а для зданий категории В1-В4 – 12х12 м.

Тросовый молниеприемник выполняют из стального многопроволочного или только оцинкованного троса диаметром до 7 мм (сечение не менее 35 мм²).

Токоотводы молниеотводов применяют для соединения молниеприемников с заземлителями из стали любого профиля. Их рассчитывают на пропускание полного тока молнии без нарушений и существенного перегрева. Они должны быть оцинкованы, пролужены или окрашены для предупреждения коррозии. Наименьшее сечение токоотводов, выполненных из угловой и полосовой стали и расположенных вне сооружения на воздухе, должно быть 48 мм², для расположенных внутри – 24 мм², круглые токоотводы должны иметь наименьший диаметр 6 мм. Токоотводами могут служить арматура железобетонных конструкций, направляющие лифтов, пожарные лестницы, водопроводные, водосточные и канализационные трубы, колонны, стенки резервуаров, электрически надежно связанные по всей длине.

Соединения токоотводов, специальных и естественных, должны быть сварными (внахлест).

Заземлитель молниезащиты – один или несколько заглубленных в землю проводников, предназначенных для отвода в землю токов молнии или ограничения перенапряжений, возникающих на металлических корпусах, оборудовании, коммуникациях при близких разрядах молнии. Они бывают одиночными (простыми) и сложными (комбинированными). К первым относятся трубы, электроды из круглой, полосовой, угловой и листовой стали, железобетонные подножки и сваи; сложные образуются из комбинаций простых.

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

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

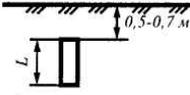
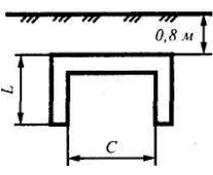
3. ЗАЗЕМЛИТЕЛИ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Заземлители молниезащиты изготавливают из стали любого профиля сечением не менее 100 мм², из угловой или полосовой стали толщиной не менее 4 мм, из стальных труб диаметром 30 – 60 и

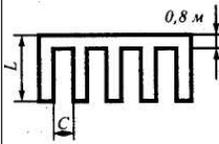
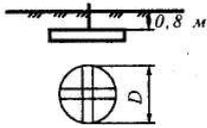
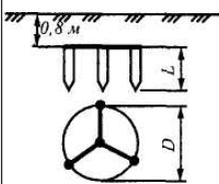
толщиной стенок не менее 3,5 мм. Заземлители прокладываются на расстоянии не менее 5 м от дорог в местах малодоступных для людей и животных, чтобы не вызвать при грозовых разрядах шагового напряжения. Глубина заложения заземлителей от 0,5 до 3 м, типовые конструкции заземлителей молниезащиты и их сопротивления растеканию тока приведены в табл. 4.

Таблица 4

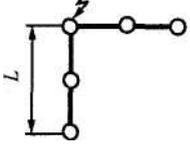
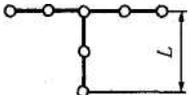
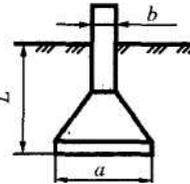
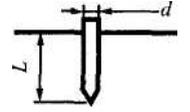
Типовые конструкции заземлителей молниезащиты и их сопротивления растеканию тока промышленной частоты

Номер п/п	Тип заземлителя	Материал	Сопротивление растеканию тока промышленной частоты, Ом, при удельном сопротивлении грунта, Ом·м			
			50	100	500	1000
1	<p>Вертикальный стержневой</p> 	Уголок 40x40x4 мм $L=2$ м	19	38	190	380
		$L=3$ м	14	28	140	280
		Сталь круглая $d=10\div 20$ мм $L=2$ м	24	48	240	480
		$L=3$ м	17	34	170	340
		$L=5$ м	14	28	140	280
2	<p>Комбинированный двухстержневой</p> 	Уголок: 40x40x4 мм				
		Полоса: 4x40 мм $C=3$ м, $L=2,5$ м	7	14	70	140
		$C=3$ м, $L=3$ м	6	12	60	120
		$C=6$ м, $L=2,5$ м	5,5	11	55	110
		$C=6$ м, $L=3$ м	4,5	9,1	45	90
		Круглая сталь $d=10\div 20$ мм				
		Полоса: 4x40 мм $C=3$ м, $L=2,5$ м	7,5	15	75	150
		$C=3$ м, $L=3$ м	6,8	14	70	140
		$C=5$ м, $L=2,5$ м	6	12	60	120
		$C=5$ м, $L=3$ м	5,5	11	55	110
$C=3$ м, $L=5$ м	5,5	11	55	110		

Продолжение табл. 4

Номер п/п	Тип заземлителя	Материал	Сопротивление растеканию тока промышленной частоты, Ом, при удельном сопротивлении грунта, Ом·м			
			50	100	500	1000
3	Комбинированный пятистержневой 	Уголок: 40x40x4 мм				
		Полоса: 4x40 мм				
		$C=5$ м, $L=2$ м	2,2	4,4	22	44
		$C=5$ м, $L=3$ м	1,9	3,8	19	38
		$C=7,5$ м, $L=2$ м	1,8	3,7	18,5	37
		$C=7,5$ м, $L=3$ м	1,6	3,2	16	32
		Круглая сталь $d=10\div 20$ мм				
		Полоса: 4x40 мм				
		$C=5$ м, $L=2$ м	2,4	4,8	24	48
		$C=5$ м, $L=3$ м	2	4,1	20,5	41
		$C=7,5$ м, $L=2$ м	1,7	3,5	17,5	35
		$C=7,5$ м, $L=3$ м	1,9	3,8	19	38
$C=5$ м, $L=5$ м	1,6	3,2	16	32		
4	Горизонтальный с вводом тока в центре 	Полоса: 4x40 мм				
		D , м:				
		4	4,5	9	45	90
		6	3,3	6	33	66
		8	2,65	5,3	26,5	53
		10	2,2	4,4	22	44
5	Комбинированный кольцевой с 4 трубами и 3 лучами 	Уголок: 40x40x4 мм				
		Полоса: 4x40 мм				
		$D=8$ м, $L=3$ м	2	4	20	40

Окончание табл. 4

Номер п/п	Тип заземлителя	Материал	Сопротивление растеканию тока промышленной частоты, Ом, при удельном сопротивлении грунта, Ом·м			
			50	100	500	1000
6	Комбинированный свайный заземлитель из 5 ростверков с 20 сваями 	Железобетонная свая: длинной 6 м, диаметром 0,3 м, Полоса: 4х40 мм $L=24$ м	0,5	1	5	–
7	Комбинированный из 7 ростверков с 28 сваями 	Железобетонная свая: длинной 6 м, диаметром 0,3 м Полоса: 4х40 мм $L=24$ м	0,38	0,76	3,8	–
8	Железобетонный подножник 	$a > 1,8$ м $b > 0,4$ м $L > 2,2$ м				
9	Железобетонная свая 	$d = 0,25 - 0,4$ м $L > 5$ м				

4. ДОПУСТИМЫЕ РАССТОЯНИЯ S ОТ ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ ДО ДРУГИХ СООРУЖЕНИЙ

Наименьшее допустимое расстояние S_B по воздуху от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) стержневого или тросового молниеотвода (рис. 6, 7) определяется в зависимости от высоты здания, конструкции заземлителя и эквивалентного удельного сопротивления грунта. Для зданий и сооружений высотой не более 30 м наименьшие допустимые расстояния определяют по табл. 5.

Для зданий и сооружений большей высоты определенное по табл. 5 расстояние S_B следует увеличивать на 1 м на каждые 10 м высоты объекта сверх 30 м.

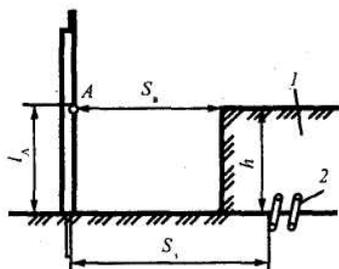


Рис. 6. Расчетная схема для определения безопасных расстояний от отдельно стоящего стержневого молниеотвода до сооружения:

- 1 – защищаемый объект;
- 2 – металлические коммуникации

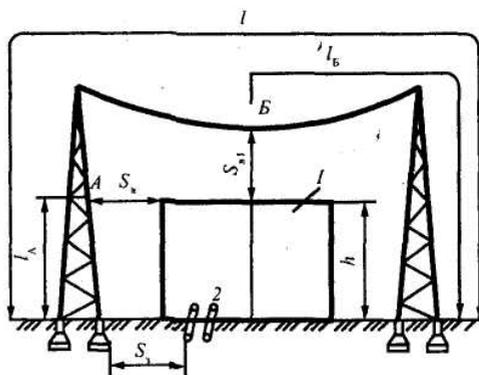


Рис. 7. Расчетная схема для определения безопасных расстояний от отдельно стоящего тросового молниеотвода до сооружения:

- 1 – защищаемый объект;
- 2 – металлические коммуникации

Наименьшее допустимое расстояние S_{B1} (см. рис. 7) от защищаемого объекта до троса в середине пролета определяют в зависимости от конструкции заземлителя, эквивалентного удельного сопротивления грунта ρ и суммарной длины l молниеприемников и токоотводов. По длине $l < 200$ м наименьшее допустимое расстояние S_{B1} определяют по табл. 6.

Таблица 5

Наименьшие допустимые расстояния $S_{в1}$

$S_{в}$, м	ρ , Ом·м	Вариант конструкции заземлителя
3	$\rho \leq 100$	1. Заземлитель любой конструкции (см. табл. 4 № 1 – 5); 2. Одна железобетонная свая либо подножка, или углубленная стойка железобетонной опоры, длины которых указаны не менее 5 м
4	$100 < \rho \leq 1000$	3. Четыре железобетонные сваи или подножки, расположенные в углах прямоугольника на расстоянии 3 – 8 м один от другого, или железобетонный фундамент произвольной формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 70 м ² , или искусственный заземлитель, не менее 5 м

При суммарной длине молниеприемников и токоотводов, равной 200 – 300 м наименьшее допустимое расстояние $S_{в1}$ должно быть увеличено на 2 м по сравнению с определяемыми по табл. 6.

Наименьшие допустимые расстояния S_3 в земле должны составлять $S_3 = S_{в} + 2$ (м) при $S_{в}$, определяемым по табл. 5.

Таблица 6

Наименьшие допустимые расстояния $S_{в1}$

$S_{в1}$, м	ρ , Ом·м	Вариант конструкции заземлителя
3,5	$\rho \leq 100$	Заземлитель любой конструкции
$3,5 + 3 \cdot 10^{-3}(\rho - 100)$	$100 < \rho \leq 100$	Заземлитель по варианту 2 (см. табл. 5)
4	То же	Заземлитель по варианту 3 (см. табл. 5)

5. НОРМИРОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЕМЛЕНИЯ

Для заземлителей молниезащиты нормируется импульсное сопротивление $R_{н}$ растеканию тока молнии: его максимально допустимое значение равно 10 Ом для зданий и сооружений категорий А и Б и 20 Ом для зданий и сооружений категории В1-В4. При увеличении импульсного сопротивления до 40 Ом в грунтах с удельным

сопротивлением более 500 Ом·м. Импульсное сопротивление заземлителя $R_{и}$ связано с сопротивлением заземлителя при растекании токов промышленной частоты через импульсный коэффициент:

$$R_{и} = \alpha R_3, \quad (1)$$

где α – импульсный коэффициент заземлителя, определяется по табл. 7;

R_3 – сопротивление заземлителя, определяется по табл. 4.

В табл. 7 приведены приближенные значения импульсных коэффициентов.

Таблица 7

Приближенные значения импульсных коэффициентов простейших заземлителей

Тип заземлителя	Значение импульсного коэффициента при удельном сопротивлении грунта, Ом·м			
	10^2	$3 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$	10^3
Труба длиной 2 – 3 м	0,8	0,6	0,4	0,35
Горизонтальная полоса длиной, м:				
10	0,9	0,7	0,5	0,4
20	1,1	0,9	0,7	0,6
30	1,4	1,0	0,8	0,7

6. ОБЛАСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Рекомендуется использовать совмещенное заземляющее устройство для защиты от прямых ударов молнии, защитного заземления электроустановок и защитного заземления от электростатической индукции. К заземлителю необходимо присоединить все вводимые в здание металлические трубопроводы и оболочки кабелей.

Защита от электрической индукции осуществляется путем присоединения металлических корпусов оборудования и аппаратуры в защищаемом здании или сооружении к специальному заземлителю или защитному заземлителю оборудования.

Для защиты от электромагнитной индукции между трубопроводами и другими протяженными металлическими предметами в местах их взаимного сближения на расстояние 10 см и меньше че-

рез каждые 20 м приваривают стальные перемычки с тем, чтобы не было незамкнутых контуров. При наличии незамкнутых контуров при наведении магнитным полем тока молнии в этих контурах электродвижущих сил в местах разрывов возможно искрение и, следовательно, возникает опасность взрыва или пожара.

От ударов молнии в наружные провода электролиний и линий связи могут возникнуть перенапряжения в линии и занос высоких потенциалов по проводам внутрь здания или сооружения, в результате чего возможны пожары и несчастные случаи. Для защиты сооружений от заноса высоких атмосферных напряжений ввод воздушных линий любого назначения осуществляется только подземными кабельными линиями, оболочка и бронь которых присоединяется к заземлителю.

Для предупреждения заноса высоких потенциалов в здания с большим количеством людей на воздушных линиях устанавливают разрядники с воздушными промежутками или заземляют штыри и ключья изоляторов фазных проводов, проводов радиотрансляционных, телефонных и других сетей.

7. ПОРЯДОК РАСЧЕТА МОЛНИЕЗАЩИТЫ

1. Определить категорию молниезащиты в зависимости от пожаровзрывоопасных свойств защищаемого объекта, характера местности.

2. Определить конструкцию молниеотводов в зависимости от параметров защищаемого объекта (см. рис. 1 – 4; табл. 3).

3. Определить высоту молниеприемника для создания необходимой зоны (площади) защиты. (Расчет ведется по формулам, приведенным в табл. 2).

4. Определить наименьшее допустимое расстояние $S_{з доп}$, $S_{в доп}$, $S_{в1 доп}$ от конструкций и частей молниеотвода от других коммуникаций и наземных сооружений (см. табл. 5, 6; рис. 6, 7).

5. Проверяем выполнение следующих неравенств:

$$S_{з доп} > S_{з р} \quad (2)$$

$$S_{в доп} > S_{в р} \quad (3)$$

$$S_{в1 доп} > S_{в р} \quad (4)$$

где $S_{зр}$, $S_{вр}$, $S_{вр}$ – рассчитанные (или полученные) расстояния от элементов и конструкций молниеотводов от подземных коммуникаций и наземных сооружений (см. рис. 6, 7).

Если неравенства (2–4) не выполняются, необходимо выбирать другую конструкцию молниеотвода.

6. Определить норму сопротивления молниезащиты, в зависимости от категории ($R_{ц}$).

7. Определить сопротивление молниезащиты R_3 в зависимости от выбранной конструкции заземлителя и удельного сопротивления грунта (см. табл. 4).

8. Вычислить импульсное сопротивление молниезащиты $R_{и}$ по формуле (1).

9. Проверить выполнение неравенства

$$R_{и} < R_{ц}, \quad (5)$$

если (5) выполняется, то расчет произведен верно.

10. Если неравенство (5) не выполняется, то необходимо выбрать другую конструкцию заземлителя.

11. Выбираем конструкцию молниеотводов в соответствии с рис. 5 и табл. 3.

12. Расчет сопровождается схемой молниезащиты, конструкцией молниеотводов и другими пояснениями.

8. ПРИМЕР РАСЧЕТА

Задание. Произвести расчет молниезащиты склада горючих материалов, расположенного в г. Тамбове. Размеры склада: длина $l = 80$ м, ширина $b = 40$ м, высота $h_{зд} = 8$ м. Грунт имеет сопротивление $\rho \leq 100$ Ом·м (суглинок).

Решение. 1. Определяем категорию молниезащиты цеха по данным табл. 1 и П1.

Категория молниезащиты 1, зона защиты А.

2. Определяем конструкцию молниеотвода в зависимости от параметров защищаемого объекта.

Анализ типов молниеотводов показывает, что в нашем случае подходит тросовый молниеотвод (рис. 8).

3. Определяем высоту молниеприемника для создания необходимой зоны защиты. Ориентировочно, в первом приближении высоту молниеприемника можно определить по формуле, приведенной в прим. 6 к табл. 2:

$$h_{\text{оп}} = h = (r_x + 1,8h_x)/1,7.$$

Зададимся $h_x = 6$; $r_x = b/2 = 40/2,0 = 20$ м, тогда B – ширина здания равна 20 м.

$$h_{\text{оп}} = (20 + 1,8 \cdot 6)/1,7 = 18 \text{ м.}$$

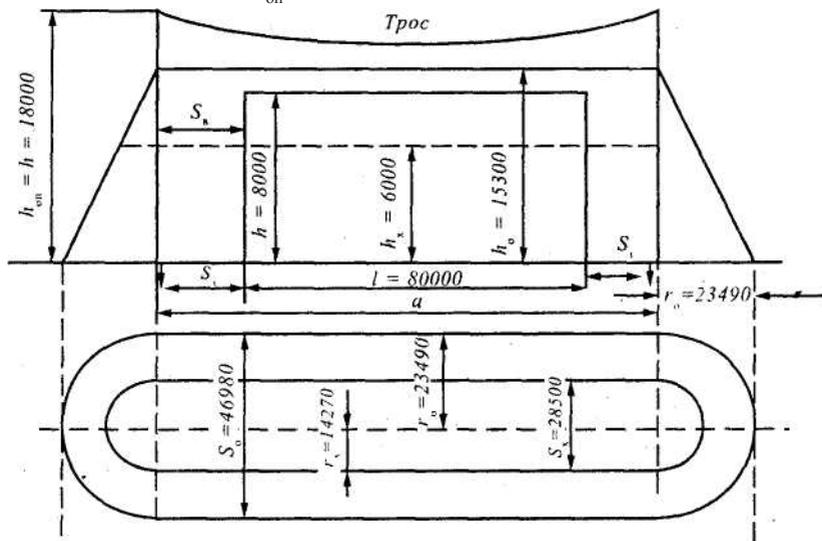


Рис. 8. Эскиз молниеотвода с зоной защиты

Так как высота молниеотвода $h \leq 150$ м, то определяем параметры зоны защиты по формулам п.3 табл. 2.

Высота зоны защиты $h_о = 0,85h = 15,30$ м.

Радиус торцевых областей зоны защиты $r_о$ на уровне земли $r_о = (1,35 - 0,0025h)h = (1,35 - 0,045) \cdot 18 = 1,305 \cdot 18 = 23,49$ м.

Ширина зоны защиты на участке между опорами $S_о = 2r_о = 46,98$ м.

Радиус торцевых областей зоны защиты r_x на высоте h_x над землей $r_x = (1,35 - 0,0025h)(h - h_x/0,85) = (1,35 - 0,045) \cdot (18 - 6/0,85) = 1,305 \cdot (18 - 7,06) = 1,305 \cdot 10,94 = 14,27$ м.

Ширина зоны защиты на участке между опорами S_x на высоте h_x над землей

$$S_x = 2r_x = 28,55 \text{ м.}$$

4. Определяем наименьшее допустимое расстояние от заземлителя до других подземных коммуникаций, используя табл. 5, 6 и рис. 6, 7:

$$S_{з доп} = S_{в доп} + 2; S_{в доп} = 3\text{ м}; S_{в1 доп} = 3,5 \text{ м}.$$

$S_{з доп} = 5 \text{ м}$. При монтаже молниеотводов необходимо, чтобы реальные расстояния $S_p > S_{доп}$.

5. Проверяем выполнение неравенства (4). Для этого необходимо рассчитать реальное расстояние между тросовым молниеприемником и крышей здания с учетом провеса троса. Используем данные, приведенные в прим. 5 к табл. 2.

Расстояние h , м от стального троса сечением $35 - 50 \text{ мм}^2$ до поверхности земли в точке его наибольшего провеса:

$$h = h_{оп} - 2 \text{ (при } a < 120 \text{ м)}; h = 18000 - 2000 = 16000 \text{ мм}.$$

Тогда расстояние между тросом молниеприемника и крышей:

$$S_{в1 п} = h - h_{зд}, \text{ где } h_{зд} = 8000 \text{ мм}; S_{в1 п} = 16000 - 8000 = 8000 \text{ мм (8 м)}.$$

Таким образом, $S_{в1 п} > S_{в1 доп}$, неравенство (4) выполняется.

6. Определяем норму сопротивления молниезащиты в зависимости от категории $R_n = 10 \text{ Ом}$.

7. Определяем сопротивление молниезащиты R_3 в зависимости от выбранной конструкции и сопротивления грунта, используя данные табл. 4.

Нам подходит заземлитель в виде комбинированного двух-стержневого со следующими параметрами $C = 6 \text{ м}$ и $L = 3 \text{ м}$ с глубиной заложения $t_0 = 0,8 \text{ м}$, $R_3 = 9,1 \text{ Ом}$.

8. Вычисляем импульсное сопротивление $R_{и}$ по формуле (1) $R_{и} = \alpha R_3$. Значение импульсного коэффициента определяем по табл. 7: $\alpha = 0,8$, тогда $R_{и} = 0,8 \cdot 9,1 = 7,28 \text{ Ом}$.

9. Проверяем выполнение неравенства $R_{и} < R_n$; $7,28 < 10 \text{ Ом}$.

10. Выбираем конструкцию молниеотводов по рис. 5 и табл. 3. В нашем случае подходит металлическая решетчатая опора (рис. 5, б) высотой $h_{оп} = 20 \text{ м}$.

В качестве молниеприемника принимаем трос стальной многопроволочный оцинкованный сечением 35 мм^2 и диаметром порядка 7 мм . В качестве токоотводов используем сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм .

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Типы зон и категории устройств молниезащиты зданий и сооружений

Но- мер п/п	Здания и сооружения	Местополо- жение	Тип зоны защиты	Катего- рия
1	Здания и сооружения или их части с производствами, помещения которых по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) относятся к классам В-I и В-II	По всей тер- ритории РФ	Зона А	I
2	Здания и сооружения или их части с производствами, помещения которых по ПУЭ относятся к классам В-Iа, В-Iб, В-IIа	В местностях со средней грозовой де- ятельностью 10 ч в год и более	При ожидае- мом количест- ве поражений молнией в год зданий или сооружений $N \leq 1$ – зона Б, при $N > 1$ – зона А	II
3	Наружные технологи- ческие установки и от- крытые склады, отно- симые по ПУЭ к классу В-Iг	На всей тер- ритории РФ	Зона Б	II
4	Здания и сооружения с производствами, поме- щения которых по ПУЭ относятся к классам II-I, II-II и II-Iа	В местностях со средней грозовой де- ятельностью 20 ч в год и более	Для зданий и сооружений I и II степеней огнестойкости при $0,1 < N \leq 2$ и для III, IV, V степеней огне- стойкости при $0,02 < N \leq 2$ – зона Б; при $N > 2$ – зона А	III

Продолжение табл. П1

Но- мер п/п	Здания и сооружения	Местополо- жение	Тип зоны защиты	Катего- рия
5	Наружные технологические установки и открытые склады, относимые по ПУЭ к классу П-III	То же	Зона Б	III
6	Здания и сооружения III, IV и V степеней огнестойкости, в которых отсутствуют производства с помещениями, относимыми по ПУЭ к классам взрыво- и пожароопасным	« «	При ожидаемом количестве поражений молнией в год $0,1 < N \leq 2$ – зона Б; при $N > 2$ – зона А	III
7	Животноводческие и птицеводческие здания и сооружения III, IV, V степеней огнестойкости: для крупного рогатого скота и свиней на 100 голов и более, для лошадей на 40 голов и более, для овец на 500 голов и более, для птицы на 1000 голов и более	В местностях со средней грозовой деятельностью 40 ч в год и более	Зона Б	III
8	Дымовые трубы предприятий и котельных, водонапорные и силосные башни, вышки различного назначения высотой 15 м и более	То же 10 ч в год и более	Зона Б	III
9	Жилые и общественные здания, возвышающиеся более чем на 25 м над средней высотой окружающих зданий в радиусе 400 м, а также отдельно стоящие здания высотой более 30 м, удаленные от других зданий более чем на 400 м	То же 20 ч в год и более	« «	III

Окончание табл. П1

Но- мер п/п	Здания и сооружения	Местополо- жение	Тип зоны защиты	Катего- рия
10	Отдельно стоящие жи- лые и общественные зда- ния в сельской местности высотой более 30 м	То же	« «	III
11	Общественные здания III, IV и V степеней огнестойкости следу- ющего назначения: детские сады и ясли, школы и школы-интер- наты, спальные корпуса и столовые санаториев, домов отдыха и пионер- ских лагерей, лечебные корпуса больниц, клу- бы, кинотеатры	« «		III
12	Здания и сооружения, являющиеся памятника- ми истории и культуры	В местностях со средней грозовой де- ятельностью 10 ч в год и более	« «	III

Примечания: 1. В таблице формулировка “помещения, относимые к классу ...” соответствует принятой в новой редакции ПУЭ формулировке “зона класса ...”.

2. Здания и сооружения или их части в зависимости от назначения, интенсивности грозовой деятельности в районе их местонахождения, а также от ожидаемого количества поражений молнией в год должны быть защищены в соответствии с категориями устройства молниезащиты и типом зоны защиты, указанными в таблице.

3. n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности в месте расположения здания.

Зависимость n от интенсивности грозовой деятельности приведена в табл. П2.

Таблица П2

Интенсивность грозовой деятельности

ч/год	10-20	20-40	40-60	60-80	80 и более
n	1	3	6	9	12

Интенсивность грозовой деятельности – среднегодовая грозовая деятельность в часах – определяется на основании данных соответствующей местной метеорологической станции или по [6].

4. Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к I и II категориям, должны быть защищены от прямых ударов молнии, электростатической и электромагнитной индукции и заноса высоких потенциалов через наземные и подземные металлические коммуникации. Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии и заноса высоких потенциалов через наземные металлические коммуникации. При ширине зданий и сооружений более 100 м должны выполняться мероприятия по выравниванию потенциала внутри здания.

5. Наружные установки, отнесенные по устройству молниезащиты ко II категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии и электростатической индукции. Наружные установки, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Русак, О. Н. Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие для студентов всех специальностей / О. Н. Русак, К. Р. Малаян, Н. Г. Занько ; под ред. О. Н. Русака. – СПб. : Лань, 2001. – 448 с. – ISBN 5-8114-0284-8.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – М. : Энергоатомиздат, 1986.
3. Черкасов, В. И. Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества / В. И. Черкасов. – М. : Стройиздат, 1983.
4. Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений. СН 305-77. – М. : Стройиздат, 1978.
5. Инженерные расчеты систем безопасности труда и промышленной экологии / под общ. ред. проф. А. Ф. Борисова. – Нижний Новгород : Вента-2, 2000. – 256 с. – ISBN 5-89621-054-X.
6. Справочник по технике безопасности / под ред. П. А. Долина. – М. : Энергоатомиздат, 1984.
7. Определение категоричности помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. НПБ. 105-95. – 1995.
8. Долин, П. А. Основы техники безопасности в электроустановках / П. А. Долин. – М. : Энергия, 1979.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие понятия о молниезащите зданий и сооружений и зонах защиты молниеотводов	3
2. Конструкция молниеотводов	11
3. Заземлители молниезащиты	14
4. Допустимые расстояния S от заземлителя до других сооружений	18
5. Нормирование сопротивления заземления	19
6. Область использования заземлителей	20
7. Порядок расчета молниезащиты	21
8. Пример расчета	22
Приложение	25
Библиографический список	29

МОЛНИЕЗАЩИТА

Методические указания к практической работе
по дисциплине «Защита в чрезвычайных ситуациях»

Составитель

ХМАРУК Олег Николаевич

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор О. В. Веселов

Подписано в печать 22.04.08.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,86. Тираж 100 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.

