

ЗАЩИТА УСТАНОВОК НВИЭ о
МОЛНИЕВЫХ РАЗРЯДОВ

Выполнила:

студентка группы 54-41

Баймуратова А. К.

Молниезащита (громозащита, грозозащита) — это комплекс технических решений и специальных приспособлений для обеспечения безопасности здания, а также имущества и людей находящихся в нем. На земном шаре ежегодно происходит до 16-и миллионов гроз, то есть около 44 тысяч за день.

Опасность для зданий (сооружений) в результате прямого удара молнии может привести к:

- повреждению здания (сооружения) и его частей,
- отказу находящихся внутри электрических и электронных частей,
- гибели и травмированию живых существ, находящихся непосредственно в здании (сооружении) или вблизи него.



Состав молниезащиты

Система молниезащиты предназначена для защиты от прямого удара молнии, грозовых и коммутационных перенапряжений в сетях.

Система молниезащиты подразделяется: на внешнюю молниезащиту, на внутреннюю молниезащиту, защиту сетей от импульсных перенапряжений.

Обычно в состав системы молниезащиты входят:

- **молниеприемник** - для приема прямого удара молнии;
- **токоотводы** - для отвода тока молнии к заземлению;
- **заземляющее устройство** - для распределения энергии молнии в земле, обеспечения безопасных режимов работы электросетей;
- **система уравнивания потенциала** - для ликвидации разности потенциалов между проводящими частями здания, электроустановки и заземлений;
- **оборудование защиты от перенапряжений** - для ограничения импульсов перенапряжения в электроустановках, телекоммуникационных и электронных система.

Основной задачей системы молниезащиты является улавливание всех попадающих в здание молний.

Ее работу можно разделить на три основных процесса —

- 1. улавливание молнии в месте попадания,**
- 2. токоотвод в грунт и**
- 3. заземление.**



Составные части молниезащиты

- Молниеприёмная часть и токоотводы - для приёма прямого разряда и отвода тока молнии к заземлению Это система проводников из антикоррозионных материалов.

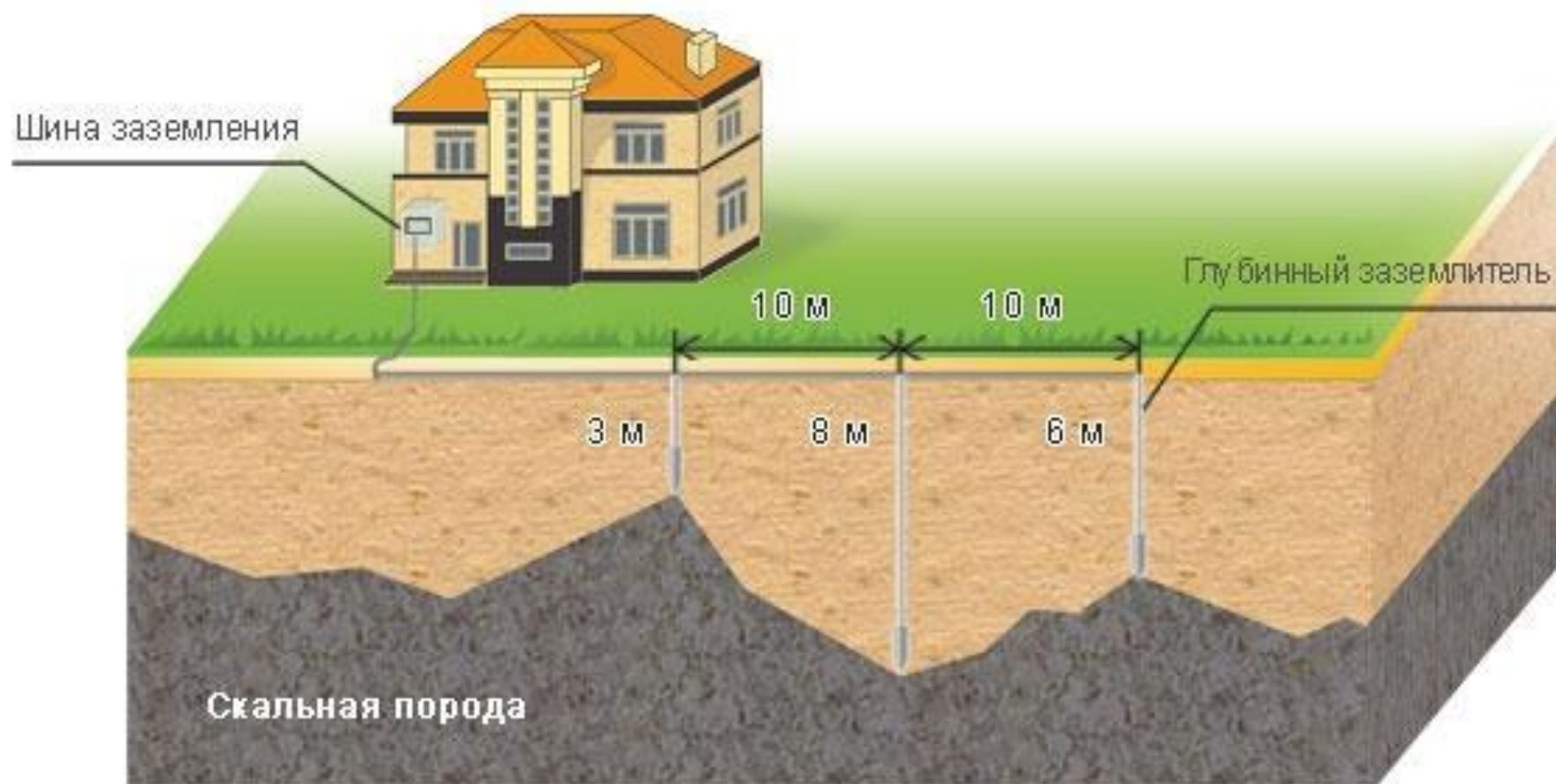


□ Заземляющее устройство - для обеспечения безопасных режимов работы электроустановки, распределения части энергии молнии в земле. Заземляющие устройства различного типа и исполнения комплектуется элементами заводской готовности из антикоррозионных материалов (круглые и плоские заземляющие проводники, составные заземляющие стержни, болтовые соединители и клеммы, антикоррозионный бандаж).

□ Уравнивание потенциалов - для ликвидации разности потенциалов между проводящими частями здания, электроустановки и заземлением. Уравнивание потенциалов предусматривает соединение всех подлежащих заземлению проводников и металлических конструкций между собой и заземлением. Система уравнивания потенциалов комплектуется шинами, соединительными клеммами, хомутами и т.п.

□ Защита от импульсных перенапряжений - для ограничения атмосферных и коммуникационных перенапряжений в сетях. Это включенные в систему уравнивания потенциалов разрядники, ограничители перенапряжения для ступенчатой защиты различных электрических цепей, телекоммуникационных сетей, оборудования и приборов.





ИНСТРУКЦИЯ ПО УСТРОЙСТВУ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В соответствии с назначением зданий и сооружений необходимость выполнения молниезащиты и ее категория, а при использовании стержневых и тросовых молниеотводов — тип зоны защиты определяются по табл. 1 в зависимости от среднегодовой продолжительности гроз в месте нахождения здания или сооружения, а также от ожидаемого количества поражений его молнией в год.



ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Молниезащита I категории

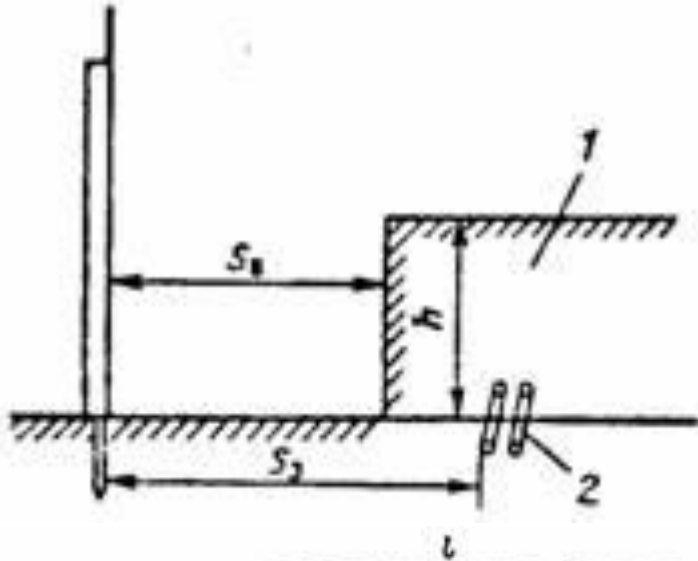


Рис. 1. Отдельно стоящий стержневой молниеотвод: 1 - защищаемый объект; 2 - металлические коммуникации

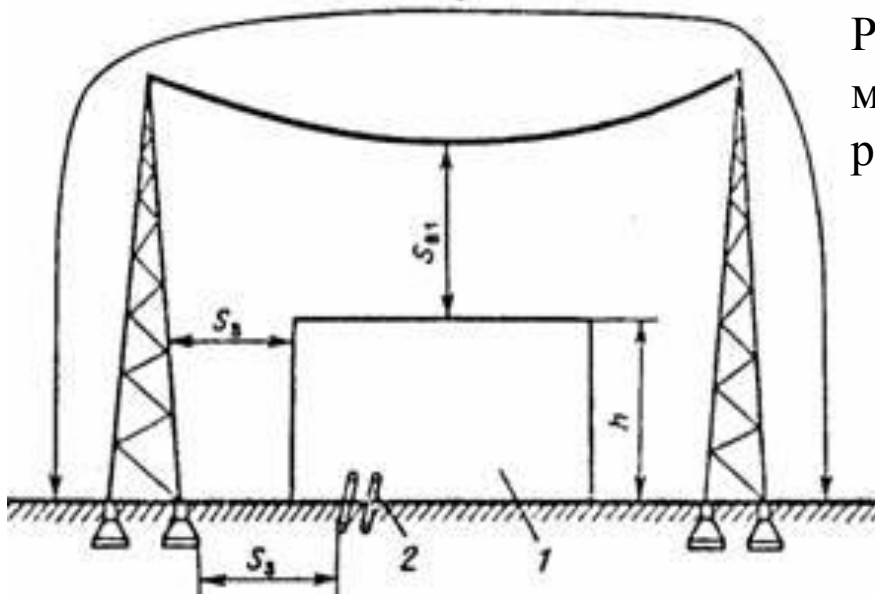


Рис. 2. Отдельно стоящий тросовый молниеотвод. Обозначения те же, что и на рис. 1

Таблица 2

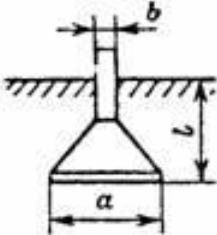
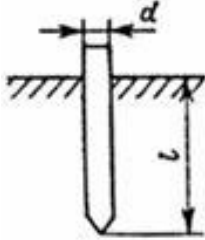
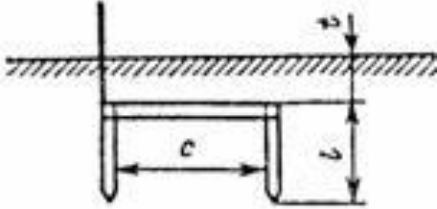
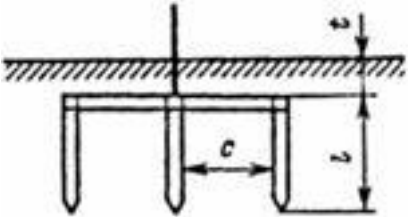
Заземлитель	Эскиз	Размеры, м
Железобетонный подножник		$a \geq 1,8$ $b \geq 0,4$ $l \geq 2,2$
Железобетонная свая		$d = 0,25-0,4$ $l \geq 5$
Стальной двухстержневой: полоса размером 40×4 мм; стержни диаметром d=10-20 мм		$t \geq 0,5$ $l = 3-5$ $c = 3-5$
Стальной трехстержневой: полоса размером 40×4 мм;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

Таблица 3

Форма токоотвода и заземлителя	Сечение (диаметр) токоотвода и заземлителя, проложенных	
	снаружи здания на воздухе	в земле
Круглые токоотводы и перемычки диаметром, мм	6	-
Круглые вертикальные электроды диаметром, мм	-	10
Круглые горизонтальные* электроды диаметром, мм	-	10
Прямоугольные электроды:		
сечением, мм ²	48	160
толщиной, мм	4	4

Наименьшее допустимое расстояние S_B по воздуху от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) стержневого или тросового молниеотвода определяется в зависимости от высоты здания, конструкции заземлителя и эквивалентного удельного электрического сопротивления грунта r , Ом×м.

Для зданий и сооружений высотой не более 30 м наименьшее допустимое расстояние S_B , м, равно:

при $r < 100$ Ом×м

при $100 < r \leq 1000$ Ом×м:

для заземлителей, состоящих из одной железобетонной сваи, одного железобетонного подножника или заглубленной стойки железобетонной опоры, длина которых указана в п. 2.2а, б, $S_B = 3 + 10^{-2} (r - 100)$?

для заземлителей, состоящих из четырех железобетонных свай либо, подножников, расположенных в углах прямоугольника на расстоянии 3-8 м один от другого, или железобетонного фундамента произвольной формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 70 м² или искусственных заземлителей, $S_B = 4$ м.

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

Молниезащита II категории

Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений II категории с неметаллической кровлей должна быть выполнена отдельно стоящими или установленными на защищаемом объекте стержневыми или тросовыми молниеотводами, обеспечивающими зону защиты в соответствии с требованиями табл. 1

При установке молниеотводов на объекте от каждого стержневого молниеприемника или каждой стойки тросового молниеприемника должно быть обеспечено не менее двух токоотводов.



ЗОНЫ ЗАЩИТЫ МОЛНИЕОТВОДОВ

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

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

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

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

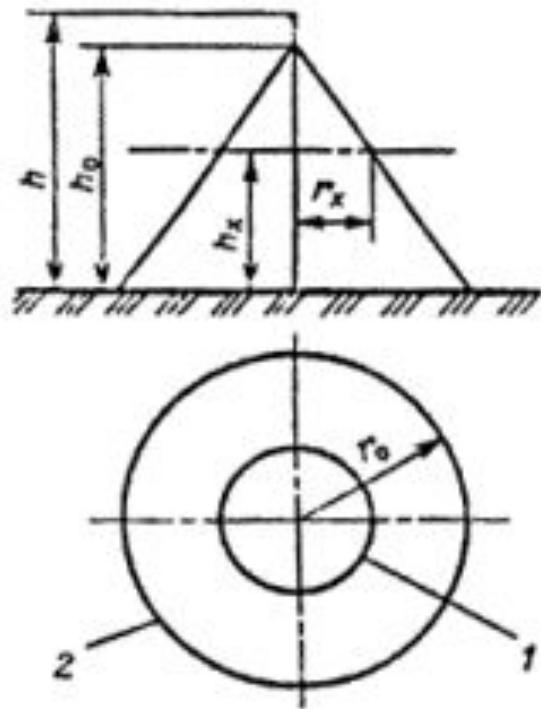
Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой $150 < h < 600$ м имеют следующие габаритные размеры. Зона А:

$$\begin{aligned} h_0 &= [0,85 - 1,7 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h \\ r_0 &= [0,8 - 1,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h \\ r_x &= [0,85 - 1,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h \times 1 - \frac{h_x}{[0,85 - 1,7 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h} \end{aligned}$$

Зона В:

$$\begin{aligned} h_0 &= [0,92 - 0,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h \\ r_0 &= 225\text{ м} \\ r_x &= 225 - \frac{225h_x}{[0,92 - 0,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h} \end{aligned}$$





Одиночный стержневой молниеотвод. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h представляет собой круговой конус (рис. 1), вершина которого находится на высоте $h_0 < h$.? На уровне земли зона защиты образует круг радиусом r_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения h_x представляет собой круг радиусом r_x

Рис 1. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода:

1 - граница зоны защиты на уровне h_x , 2 - то же на уровне земли

Двойной стержневой молниеотвод.

Зона защиты двойного стержневого молниеотвода высотой h 150 м представлена на рис. 2.



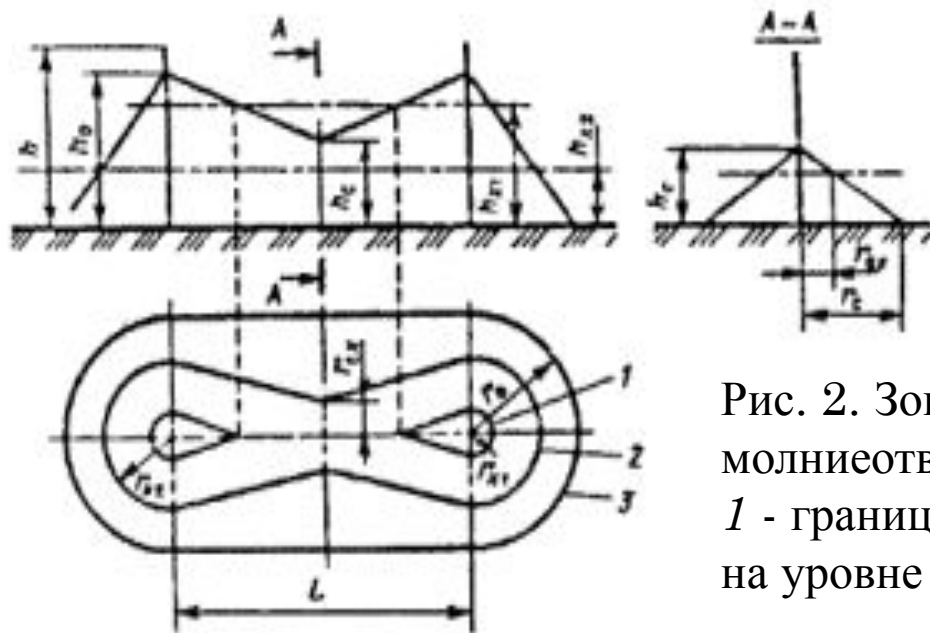


Рис. 2. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода:

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 $L \leq h$

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

При $h < L \leq 2h$

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

$$r_c = r_0 \quad r_{ax} = r_0(h_c - h_x) / h_c$$



МОЛНИЕЗАЩИТА ПОДСТАНЦИЙ

а) Защита разрядниками.

Таблица 8-9

Установка внешнего искрового промежутка трубчатых разрядников

Место установки разрядников	Внешний искровой промежуток, мм, при напряжении		
	3-6 кВ	10 кВ	35 кВ
Деревянные опоры в местах пересечений	-	-	150
Анкерные металлические опоры (линии со смешанными опорами)	10	15	100
Подходы к подстанциям	10	15	80
Вводы в подстанцию	10	15	80
Кабельные муфты линейных разъединителей	10	15	-

б) Защита молниеотводами.

Открытые распределительные устройства подстанций 20-35 кВ должны защищаться от прямых ударов молнии отдельно стоящими стержневыми молниеотводами (рис. 8-15), устанавливаемыми по углам

подстанции. Высота молниеотвода выбирается исходя из условия

$$D \leq 8(H - h).$$



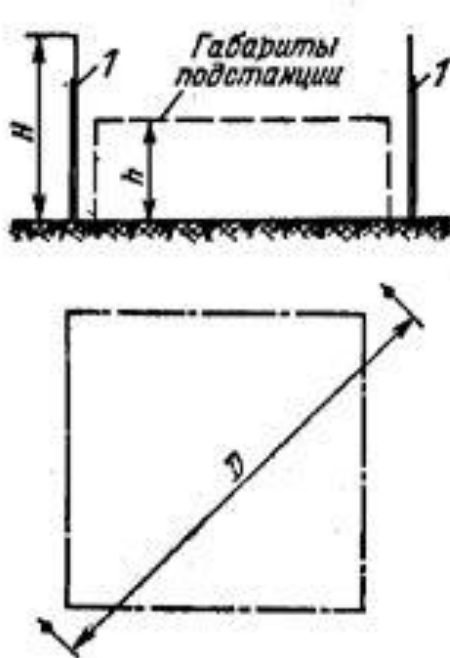


Рис. 8-15. Схема расположения отдельно стоящих молниеотводов открытого распределительного устройства

1-молниеотвод; H -высота молниеотвода; h -высота опорных конструкций подстанций; D -расстояние между молниеотводами.



Рис. 8-16. Зона одиночного стержневого молниеотвода

Проверка защищаемого пространства при высоте молниеприемника $H < 30$ м осуществляется по формуле

$$r_x = h_a \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}}$$

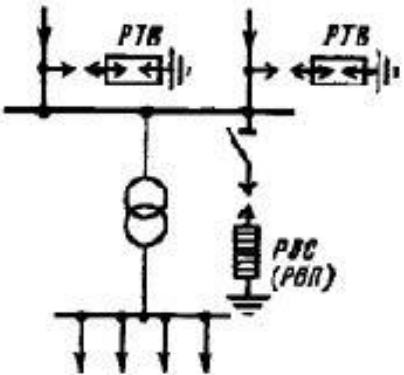
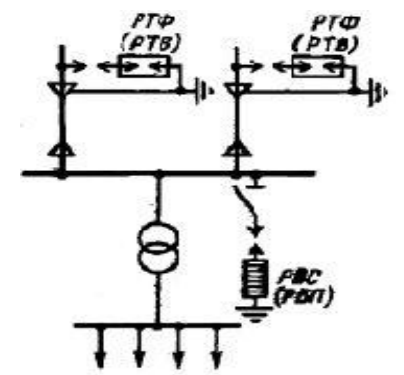
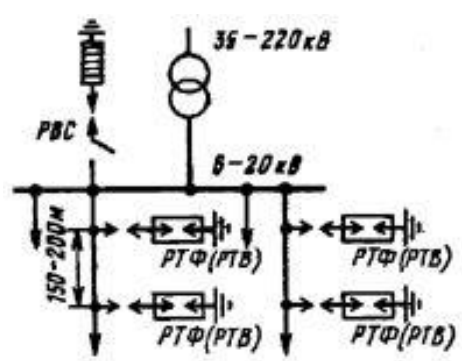
При этом строится кривая защищаемой зоны (рис. 8-16).

Если здание подстанции и ее конструкции накрываются защитной зоной, то дополнительных молниеотводов устанавливать не следует. Схемы молниеотводов подстанций приведены в табл. 8-10.

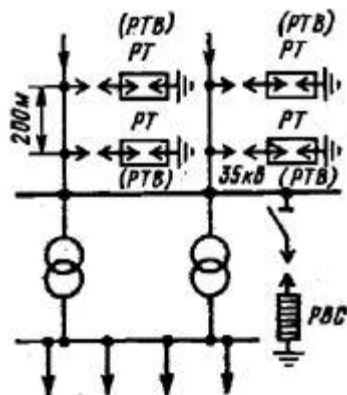
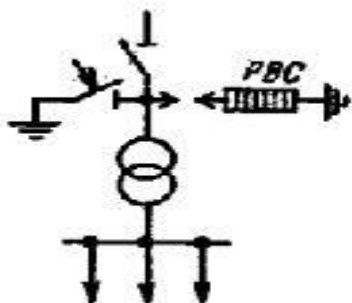
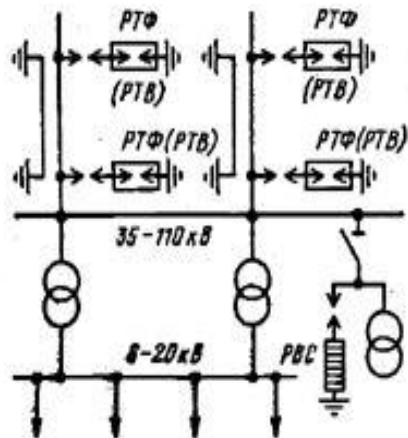
Таблица 8-10

Рекомендуемые схемы молниезащиты



Схема	Защищаемый объект	Характеристика молниезащиты
<i>Напряжение 3-20 кВ</i>		
	Цеховые трансформаторы подстанции и РП с питающими воздушными линиями	Устанавливаются РТВ на вводе каждой воздушной линии. Если точки к. з., отключаемых трубчатыми разрядниками, на шинах подстанции устанавливаются РВС или РВП
	Цеховые трансформаторные подстанции и РП с питающими воздушными линиями через кабельные перемычки	Устанавливаются РТФ или РТВ на кабельных муфтах и РВС или РВП на шинах подстанции
	Главные понизительные подстанции с отходящими воздушными линиями на стороне низшего напряжения	Устанавливаются РВС на шинах подстанции, РТФ или РТВ - на вводах в подстанцию и дополнительно на расстоянии трех-четырех пролетов от вводов

Напряжение 35-110 кВ



Главные понизительные подстанции 35 - 110 кВ

Главные понизительные подстанции 35-110 кВ по упрощенной схеме с короткозамыкателями вместо выключателей

Цеховые понизительные подстанции глубокого ввода 35 кВ с трансформаторами до 630 кВА

Устанавливаются РВС на шинах подстанции, РТФ или РТВ - на вводах и в конце тросовых участков. Подходы воздушных линий защищаются тросами. Если подходы экранированы окружающими строениями, защита молниеотводами не обязательна. Вилитовые разрядники присоединяются под один разъединитель вместе с трансформаторами напряжения

Устанавливаются РВС без разъединителей

Устанавливаются РВС на шинах подстанции РТ или РТВ - на вводах в подстанцию и на расстоянии 200 м

Ограничители перенапряжений для ветроэнергетических установок



Защитная зона LPZ 0a — эта зона находится под угрозой прямых ударов молнии и включает в себя ротор, башню, гондолу, и внутренние и внешние кабели.

Защитная зона LPZ 0b — в пределах этой зоны есть возможность частичного прямого удара молнии. Открытыми являются внешние датчики и световая сигнализация, радио антенны, и т.д., и, в случае непроводящего корпуса гондолы, также валы, подшипники, генератор, а также системы охлаждения и гидравлические системы.

Защитная зона 1 — это зона в окружении ветроэлектростанции возле гондолы и башни и подвергается частично-прямым ударам молнии. При переходе между LPZ 0 и LPZ 1 использование разрядников перенапряжения первого класса обязательно.

Защитная зона 2 — это зона вокруг ветростанции (возле гондолы и башни) и подвергается непрямым ударам молнии. При переходе между LPZ 1 и LPZ 2 использование разрядников перенапряжения второго класса обязательно.



Уровень опасности (LPL)

Международные стандарты определяют четыре уровня опасности (от I до IV). Каждый LPL отражает параметры максимального и минимального пикового значения тока молнии.

Степень защиты	PI	I	II	III	IV
Макс. вероятность предельного тока молнии	P (%)	99	97	91	84
Макс. ток	I (kA)	3	5	10	16
Макс. ток	I (kA)	200	100	100	100
Радиус сферы	r (m)	20	30	45	60

Следующие минимальные уровни опасности являются предпосылками для молниезащиты:

- береговые ветроэлектростанции: уровень опасности I**
- ветроэлектростанции высотой > 60 м: уровень опасности II**
- ветроэлектростанции высотой <60 м: уровень опасности III / IV**



Тросовой молниеприемник

Тросовой молниеприемник или Грозозащитный трос — заземлённый протяжённый молниеотвод, натянутый вдоль воздушной линии электропередачи над проводами а так же над коньком здания

В зависимости от расположения, количества проводов на опорах ВЛ, сопротивления грунта, класса напряжения ВЛ, необходимой степени грозозащиты монтируют один или несколько тросов. Высота подвеса грозозащитных тросов определяется в зависимости от угла защиты, то есть угла между вертикалью, проходящей через трос, и линией, соединяющей трос с крайним проводом, который может изменяться в широких пределах и даже быть отрицательным.

На ВЛ напряжением до 20 кВ грозозащитные тросы обычно не применяются. ВЛ 110—220 кВ на деревянных опорах и ВЛ 35 кВ (независимо от материала опор) чаще всего защищают тросом только подходы к подстанциям. Линии 110 кВ и выше на металлических и железобетонных опорах защищают тросом на всём протяжении.

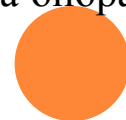


Тросовой молниеприемник





Тросовые молниеотводы применяются для защиты длинных и узких сооружений, а также в тех случаях, когда из-за каких-либо других причин нельзя установить необходимое число стержневых молниеотводов. Для подавляющего большинства зданий защита стержневыми молниеотводами оказывается более простой и удобной. **Тросовые молниеприемники** - это стальной трос, подвешенный над защищаемым домом, закрепленный на несущих конструкциях (опорах, мачтах). В качестве троса используют обычный стальной оцинкованный канат марки ТК сечением не менее 35 мм². В принципе тросовые молниеотводы применяются для защиты протяженных сооружений (воздушные линии, здания большой длины и т.п.), однако в некоторых случаях применение тросового молниеотвода может оказаться эффективным и для защиты коттеджа. Как правило, абсолютное большинство из построенных в последние годы десятков тысяч коттеджей, не имеют устройств молниезащиты. И одним из возможных способов для их защиты могут быть тросовые громоотводы, выполненные после ввода домов в эксплуатацию, на отдельно стоящих от дома опорах.





Грозозащитный трос

В качестве грозозащитных тросов применяются стальные канаты или иногда — сталеалюминиевые провода со стальным сердечником увеличенного сечения. Стальные канаты условно обозначают буквой С и цифрами, указывающими площадь их сечения (например, С-35) Грозозащитный трос может подвешиваться на изоляторах. В этом случае ток молнии проходит на заземлитель через специальный искровой промежуток. Изолированные грозотросы применяют на ВЛ с автоматической плавкой гололеда. На ВЛ 150 кВ и ниже, если не предусмотрена плавка гололеда или организация каналов высокочастотной связи на тросе, изолированное крепление троса следует выполнять только на металлических и железобетонных анкерных опорах. Крепление тросов на всех опорах ВЛ 220—750 кВ должно быть выполнено при помощи изоляторов



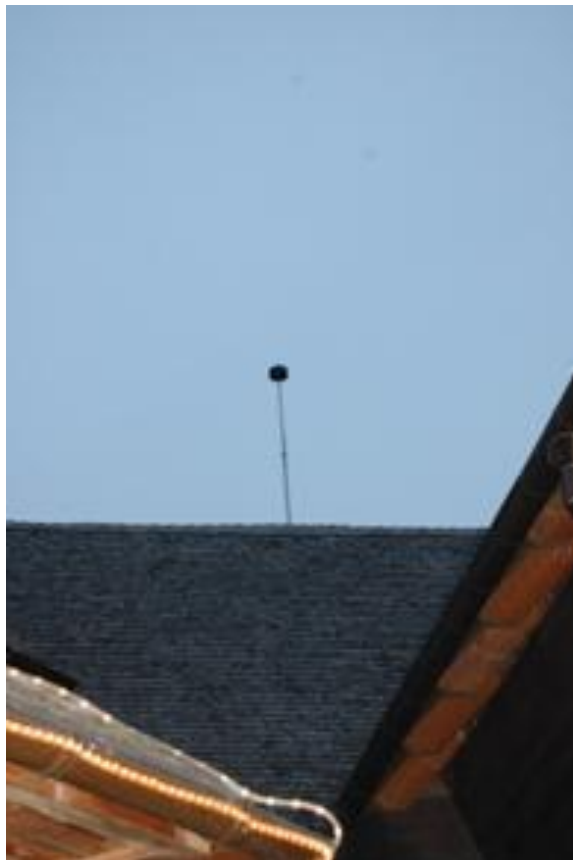
Активный молниеприемник

Активный молниеприемник опережающего излучения предназначен для защиты объектов от прямых ударов молнии без применения дополнительной молниеприемной сетки на кровле зданий и сооружений.

Принцип работы активного молниеприемника

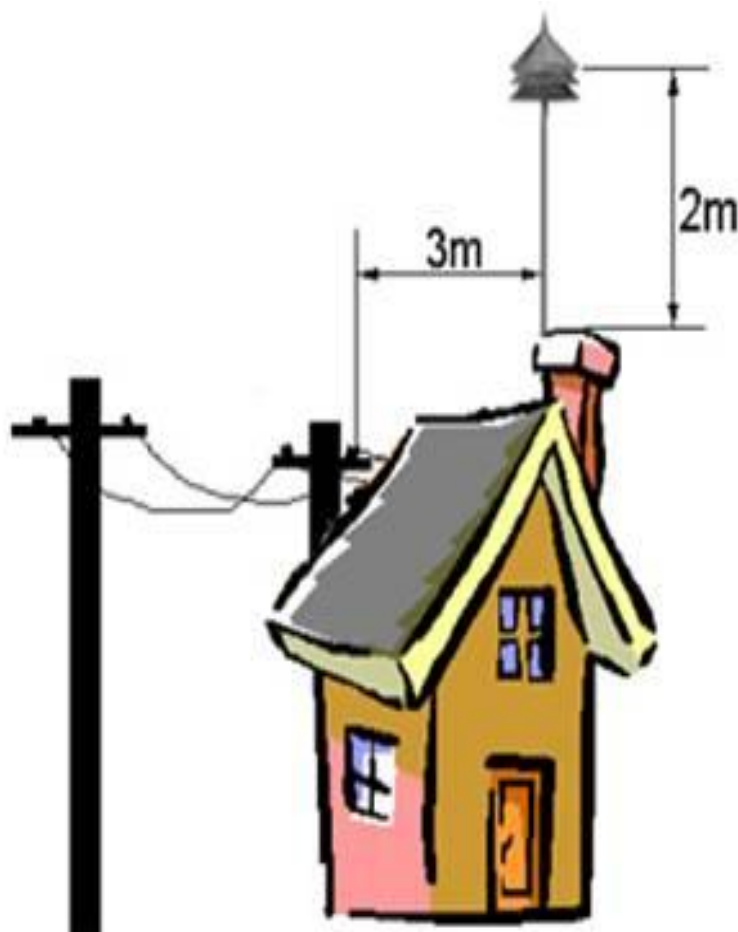
При приближении грозового фронта возрастает напряженность поля у поверхности земли, что приводит к наведению на антеннах молниеотвода напряжения, в результате чего происходит зарядка конденсаторов. При достижении напряжения на конденсаторах (12-14 кВ) происходит пробой разрядников и формирование короткого импульса величиной более 200 кВ. Полярность импульса противоположна полярности грозового фронта. Импульс инициирует направленный в сторону молнии стример, который создает проводящий канал для разряда молнии в землю. Этот процесс повышает действующую высоту молниеотвода, не зависящую от полярности грозового разряда.



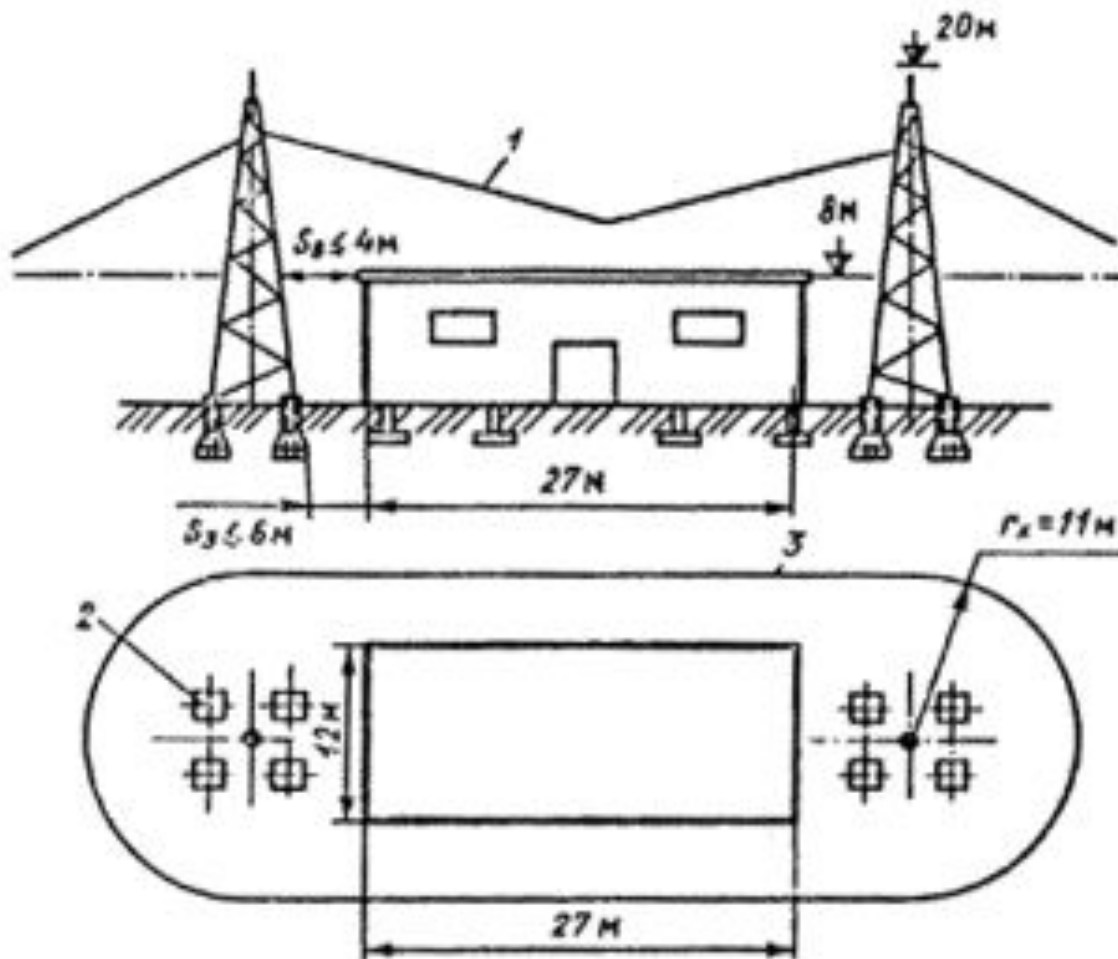


Установка активного молниеприемника

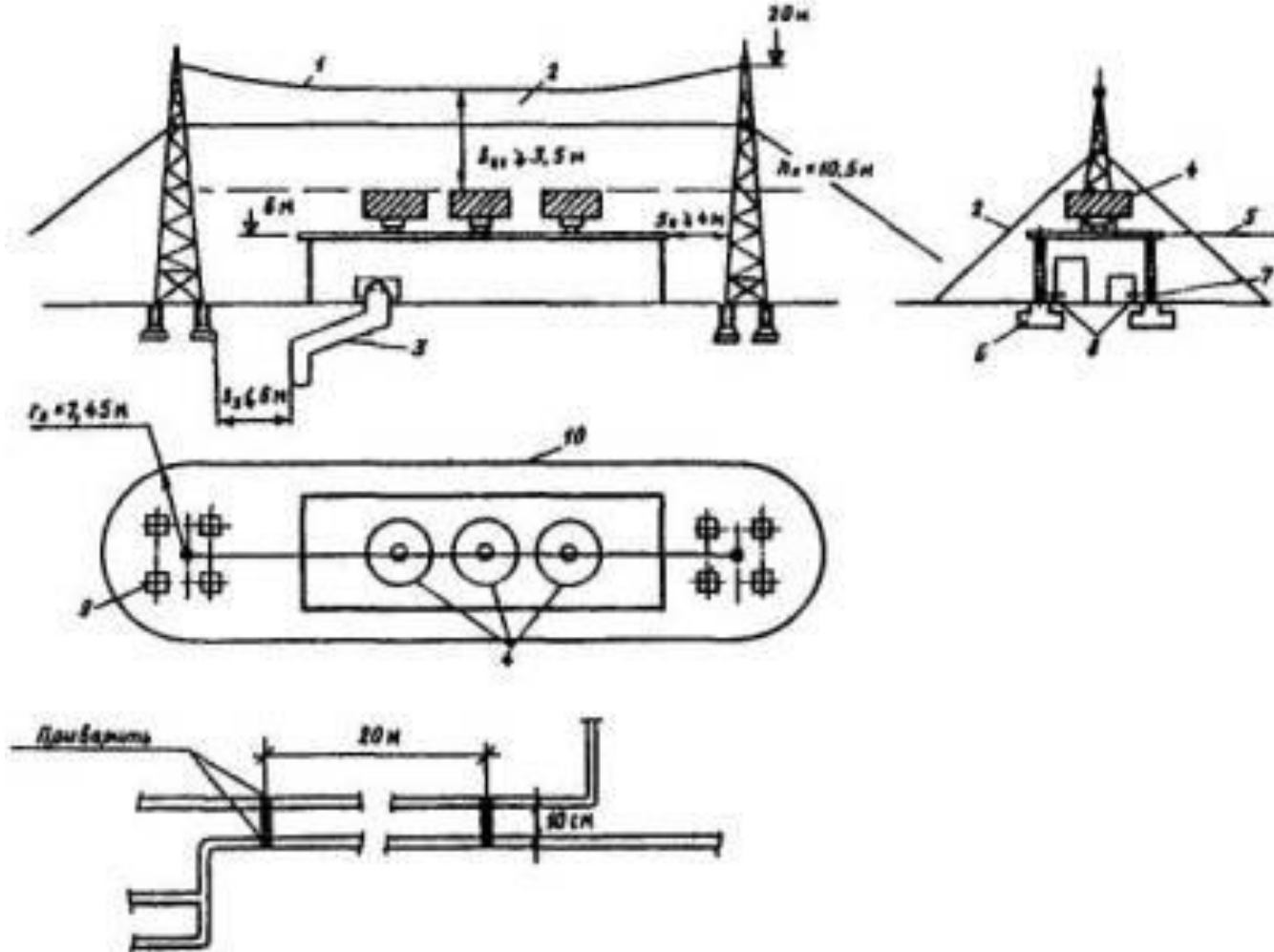
Для правильной установки активного молниеприемника необходимо расположить молниеприемник на высоте не менее 2 метров над защищаемым сооружением (над антенной, трубой или другой надстройкой). Кроме того, необходимо расположить систему на расстоянии не менее 3 —х метров от подводимых к сооружению воздушных линий электрической сети (см. рис.1)



ПРИМЕРЫ ИСПОЛНЕНИЯ МОЛНИЕЗАЩИТЫ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

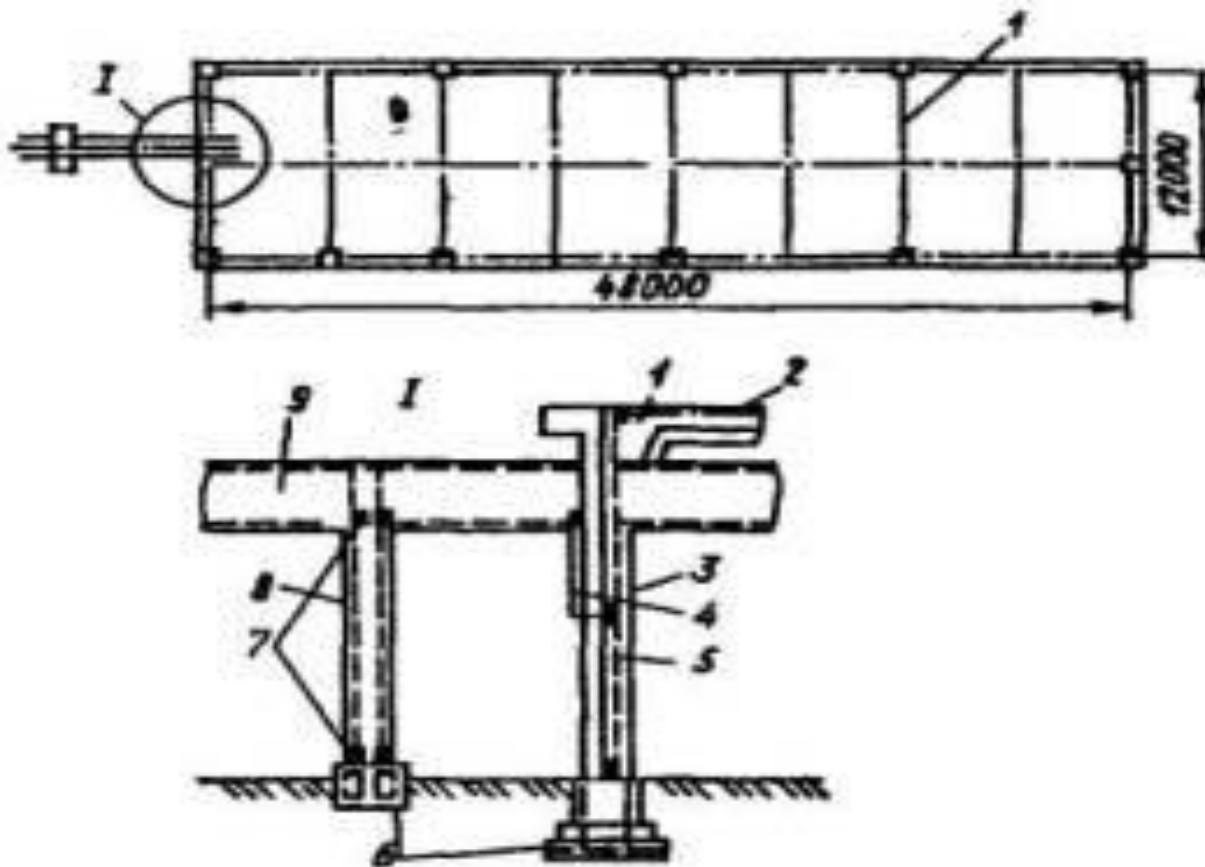


Молниезащита здания I категории отдельно стоящим двойным стержневым молниеотводом ($r = 300$ Ом $\times$ м, $S_2 \leq 4$ м, $S_3 \leq 6$ м):
 1 - граница зоны защиты; 2 - заземлители-подножки фундамента; 3 - зона защиты на отметке 8,0 м



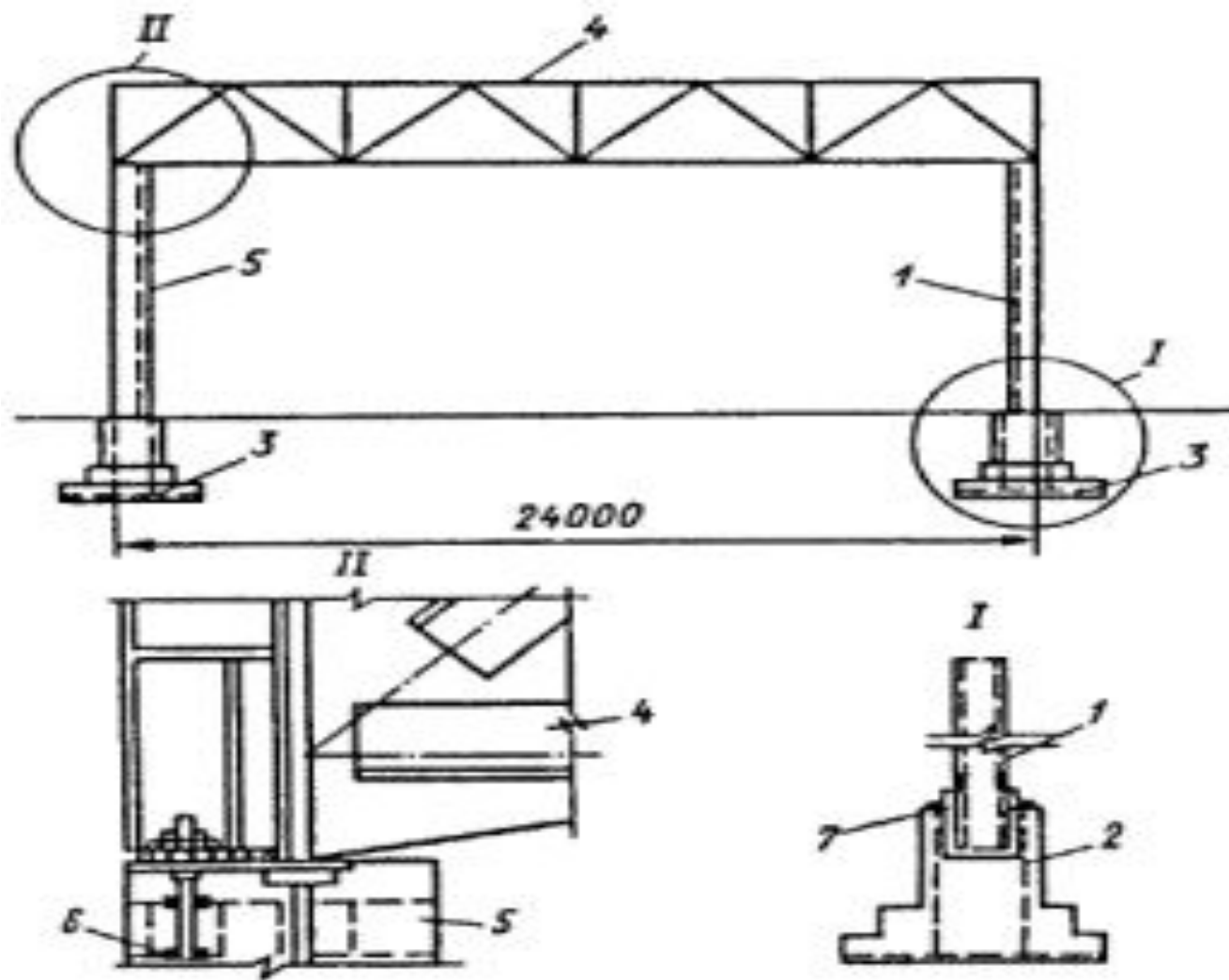
Молниезащита здания I категории отдельно стоящим тросовым молниеотводом ($R = 300 \text{ Ом} \times \text{м}$, $S_0 \approx 4 \text{ м}$, $S_3 \approx 6 \text{ м}$, $S_{\text{св}} \approx 3,5 \text{ м}$):

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 подножки; 10 - граница зоны защиты на отметке 10,8 м



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



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



1 - тросовый молниеприемник; 2 - ввод воздушной линии электропередачи (ВЛ) и заземление крюков ВЛ на стене; 3 - токоотвод; 4 – заземлитель