



**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.



Шина заземления



Глубинный заземлитель

10 м

10 м

3 м

8 м

6 м

Скальная порода



# 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*

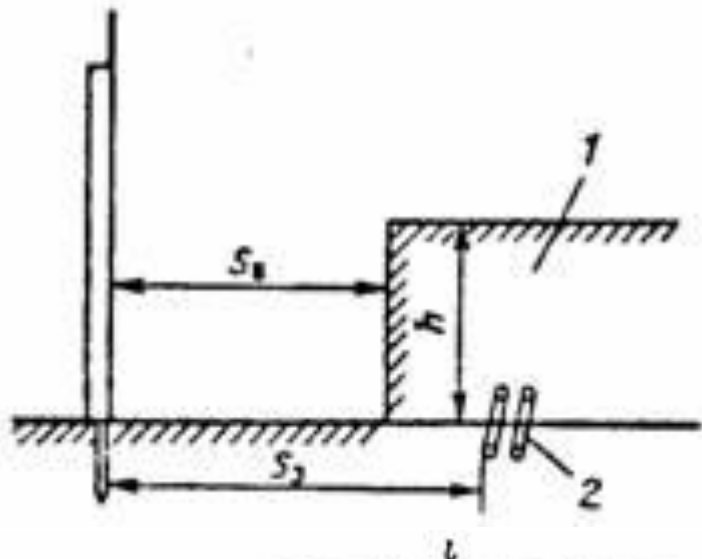


Рис. 1. Отдельно стоящий стержневой молниеотвод: 1 - защищаемый объект; 2 - металлические коммуникации

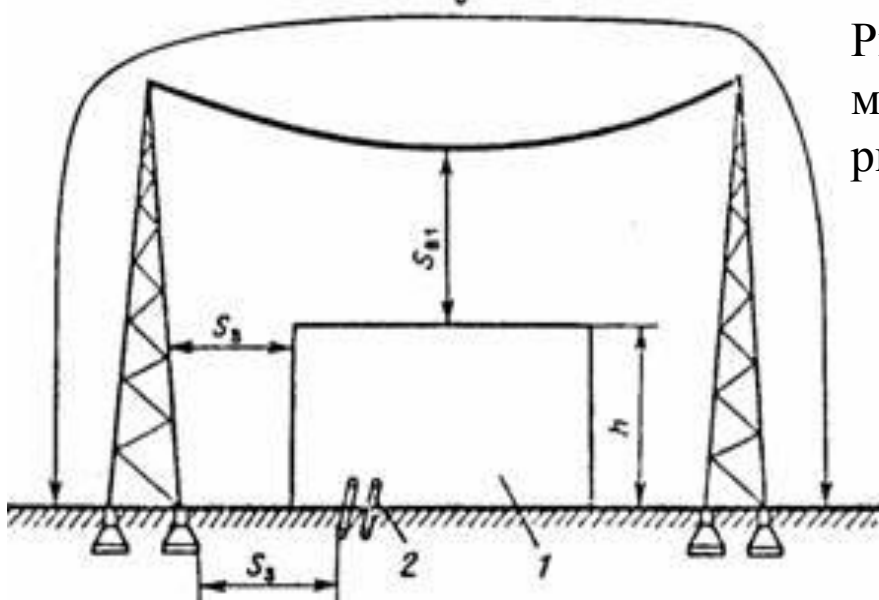
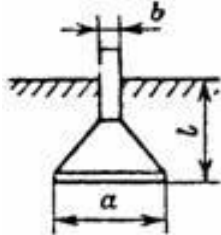
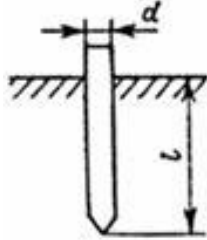
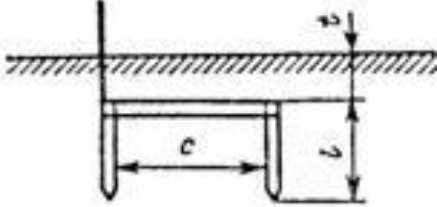
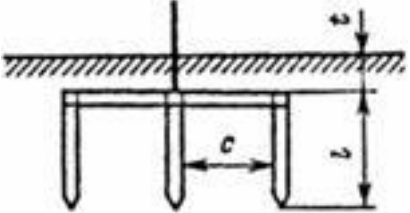


Рис. 2. Отдельно стоящий тросовый молниеотвод. Обозначения те же, что и на рис. 1





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		$t \geq 0,5$ $l = 3-5$ $c = 5-6$

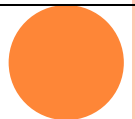


Таблица 3

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 <sup>2</sup>	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 м<sup>2</sup> 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:  $h_0 = 0,92h$ ;  $r_0 = 1,5h$ ;  $r_x = 1,5(h - h_x/0,92)$ .

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

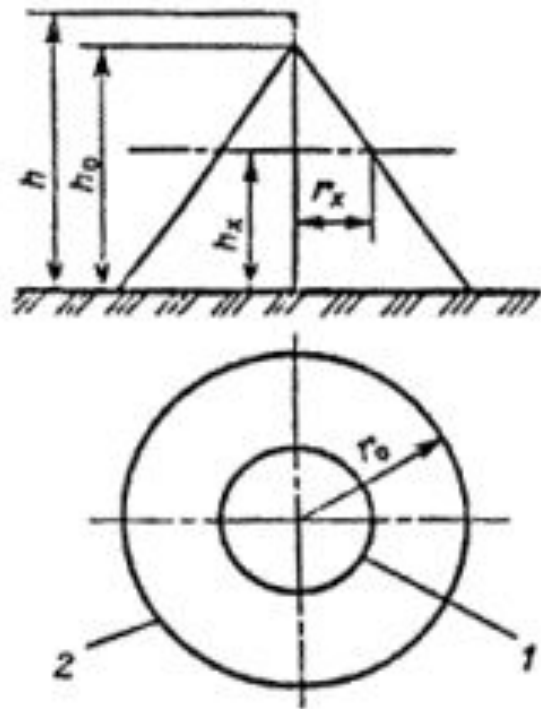
Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой  $150 < h < 600$  м имеют следующие габаритные размеры. Зона А:

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

Зона В:

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





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.



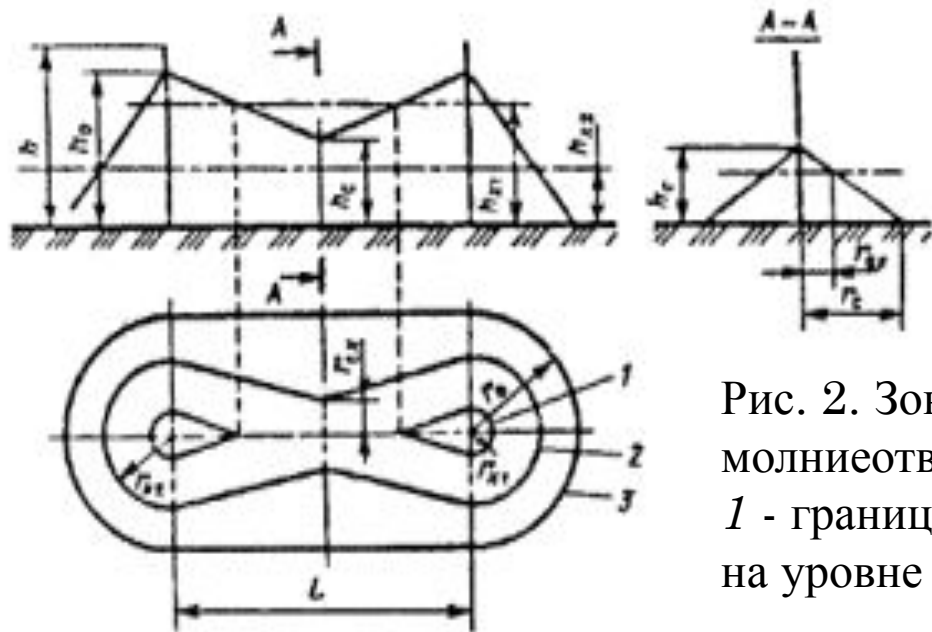


Рис. 2. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода:

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

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



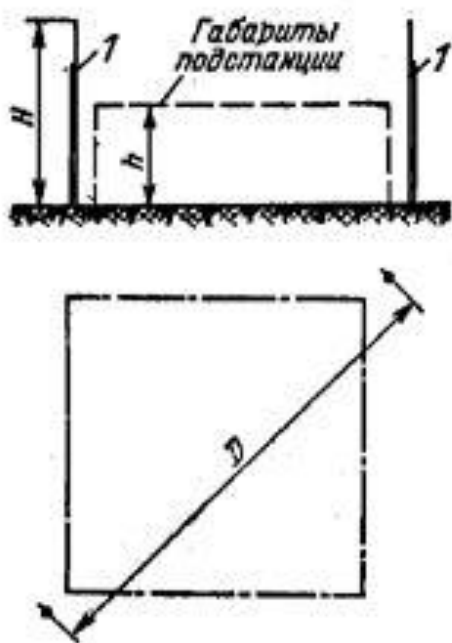


Рис. 8-15. Схема расположения отдельно стоящих молниеотводов открытого распределительного устройства  
 $1$ -молниеотвод;  $H$ -высота молниеотвода;  $h$ -высота опорных конструкций подстанций;  $D$ -расстояние между молниеотводами.



Рис. 8-16. Зона одиночного стержневого молниеотвода



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

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

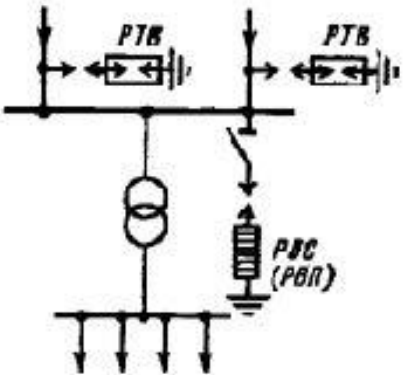
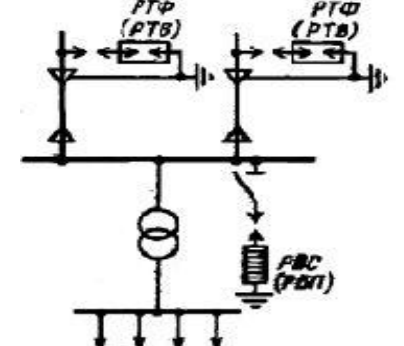
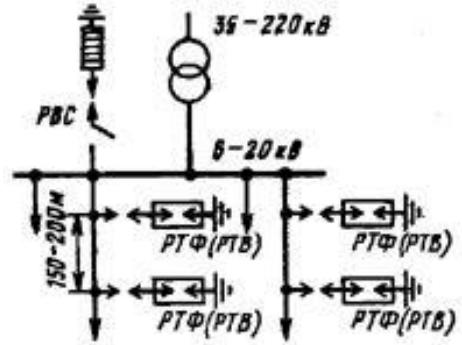
При этом строится кривая защищаемой зоны (рис. 8-16).

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

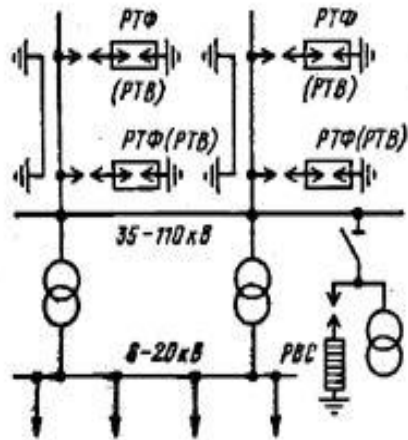
*Таблица 8-10*

**Рекомендуемые схемы молниезащиты**



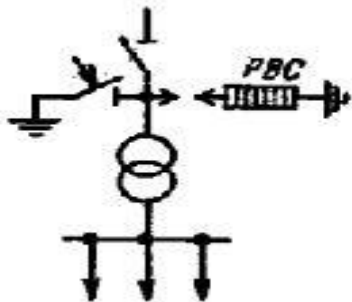
Схема	Защищаемый объект	Характеристика молниезащиты
<i>Напряжение 3-20 кВ</i>		
	<p>Цеховые трансформаторы подстанции и РП с питающими воздушными линиями</p>	<p>Устанавливаются РТВ на вводе каждой воздушной линии. Если точки к. з., отключаемых трубчатыми разрядниками, на шинах подстанции устанавливаются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

## Напряжение 35-110 кВ



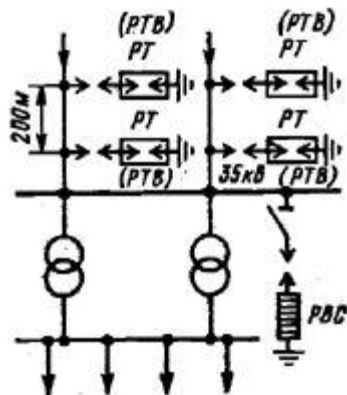
Главные понизительные подстанции 35 - 110 кВ

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



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

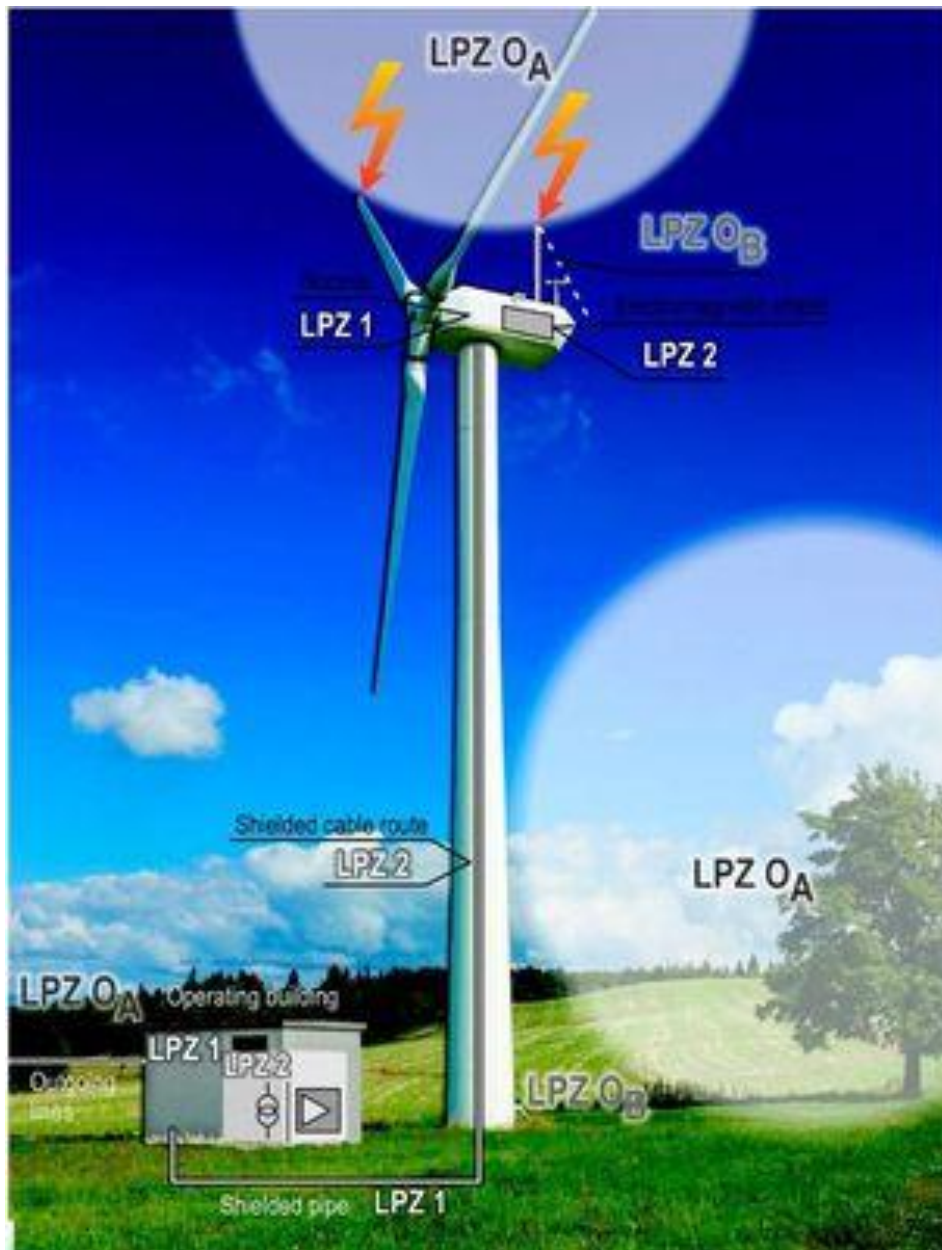
Устанавливаются РВС без разъединителей



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

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*



[www.volt-spb.ru](http://www.volt-spb.ru)



**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 мм<sup>2</sup>. 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



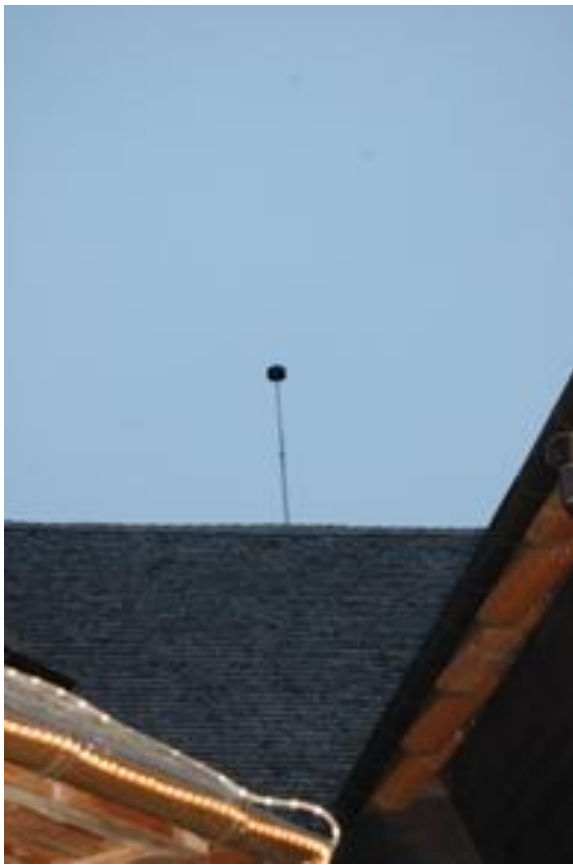
## **Активный молниеприемник**

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**

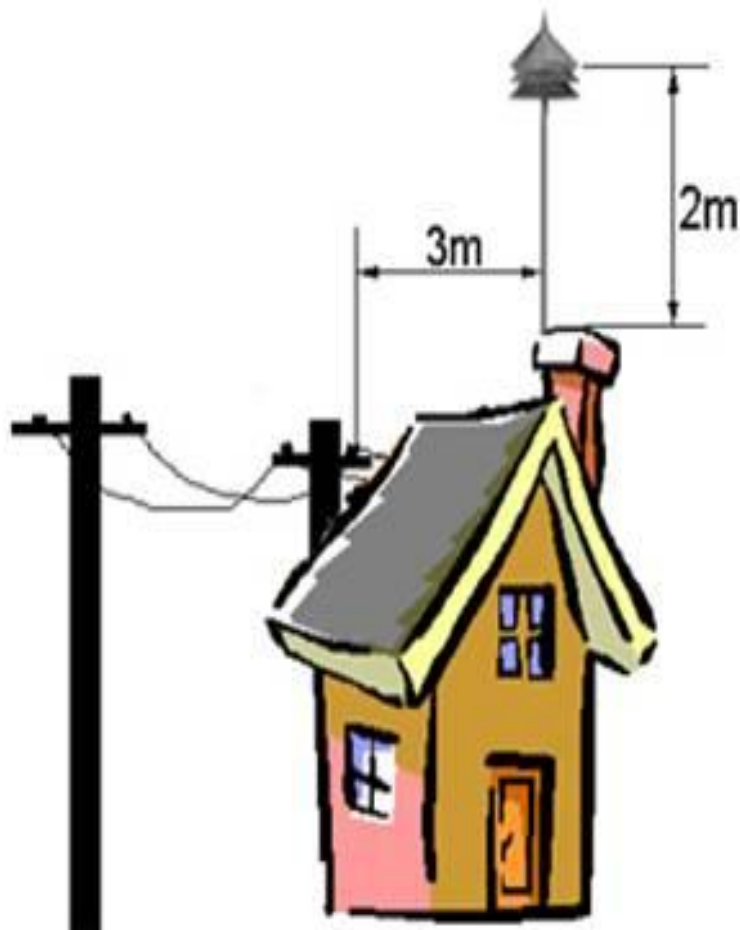
При приближении грозового фронта возрастает напряженность поля у поверхности земли, что приводит к наведению на антеннах молниеотвода напряжения, в результате чего происходит зарядка конденсаторов. При достижении напряжения на конденсаторах (12-14 кВ) происходит пробой разрядников и формирование короткого 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.



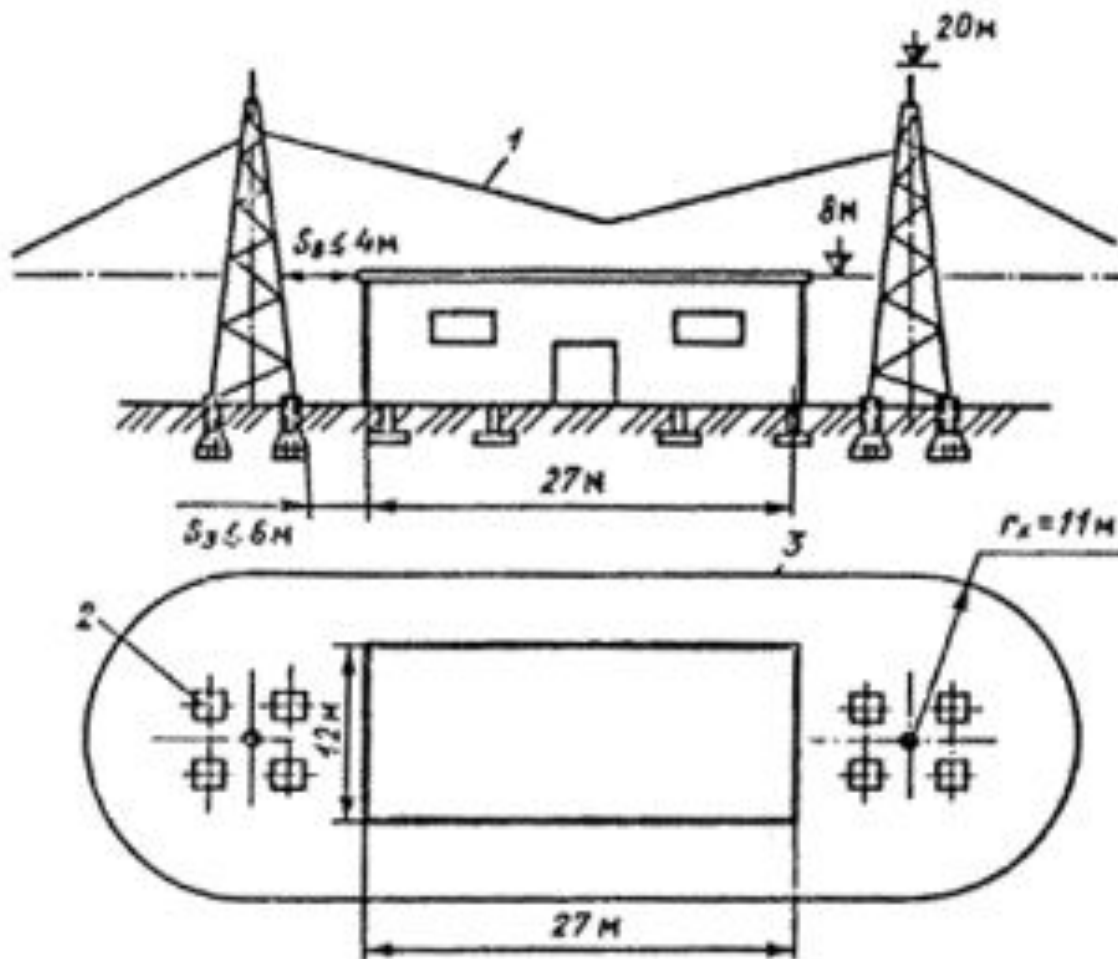


## Установка активного молниеприемника

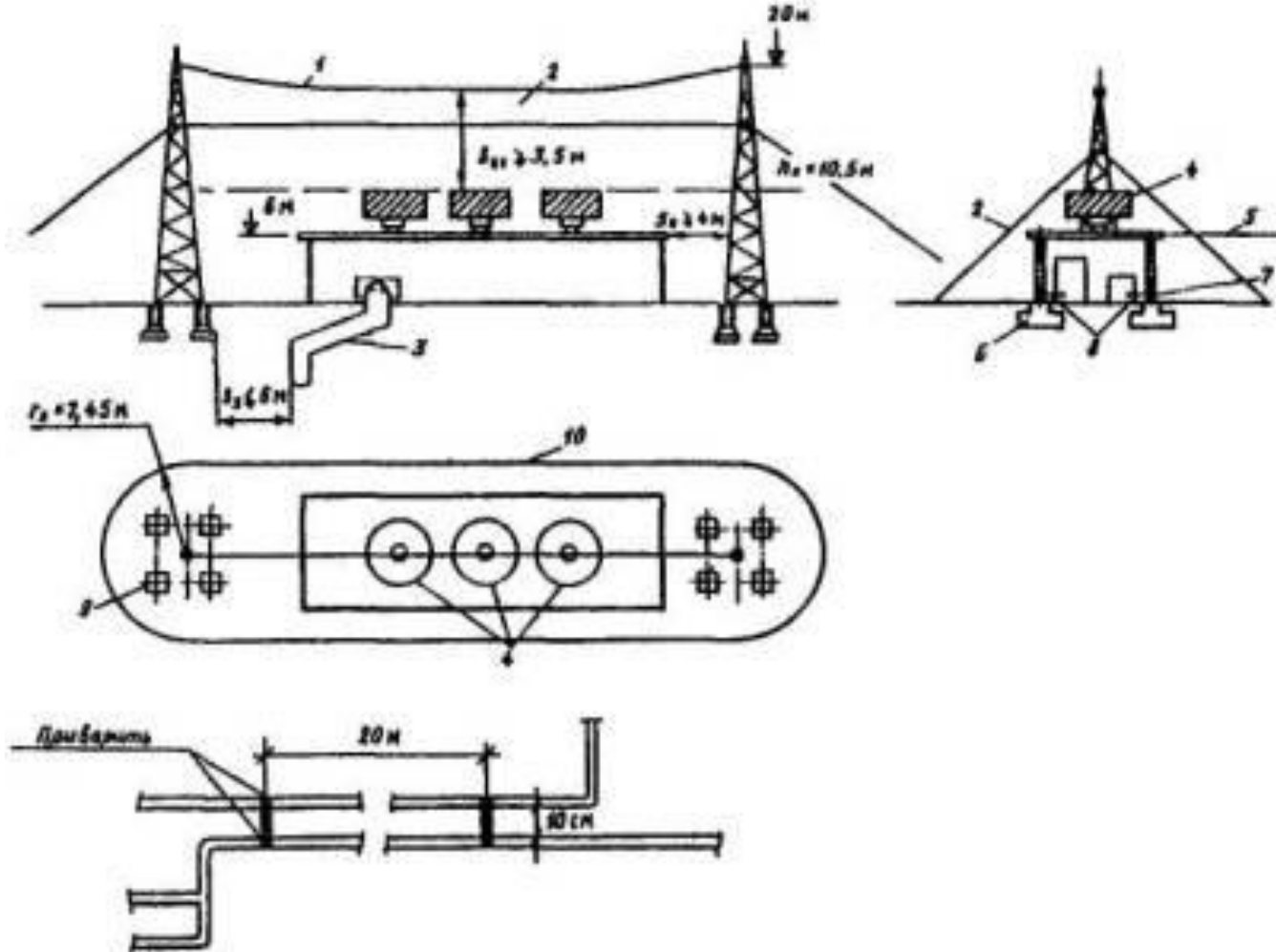
Для правильной установки активного молниеприемника необходимо расположить молниеприемник на высоте не менее 2 метров над защищаемым сооружением (над антенной, трубой или другой надстройкой). Кроме того, необходимо расположить систему на расстоянии не менее 3 м от подводимых к сооружению воздушных линий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



# ПРИМЕРЫ ИСПОЛНЕНИЯ МОЛНИЕЗАЩИТЫ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

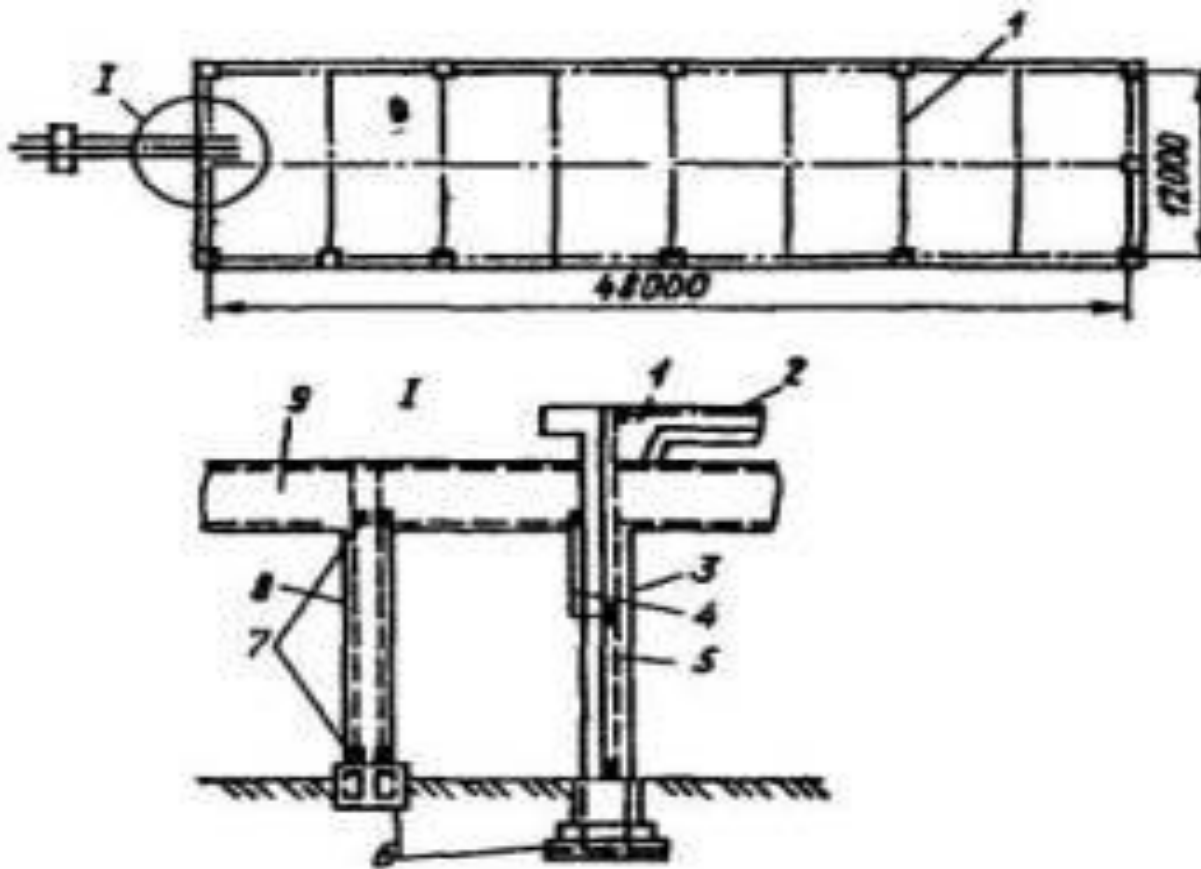


Молниезащита здания I категории отдельно стоящим двойным стержневым молниеотводом ( $r = 300$  Ом $\times$ м,  $S_{\text{в}} \leq 4$  м,  $S_{\text{з}} \leq 6$  м):  
1 - граница зоны защиты; 2 - заземлители-подножки фундамента; 3 - зона защиты на отметке 8,0 м



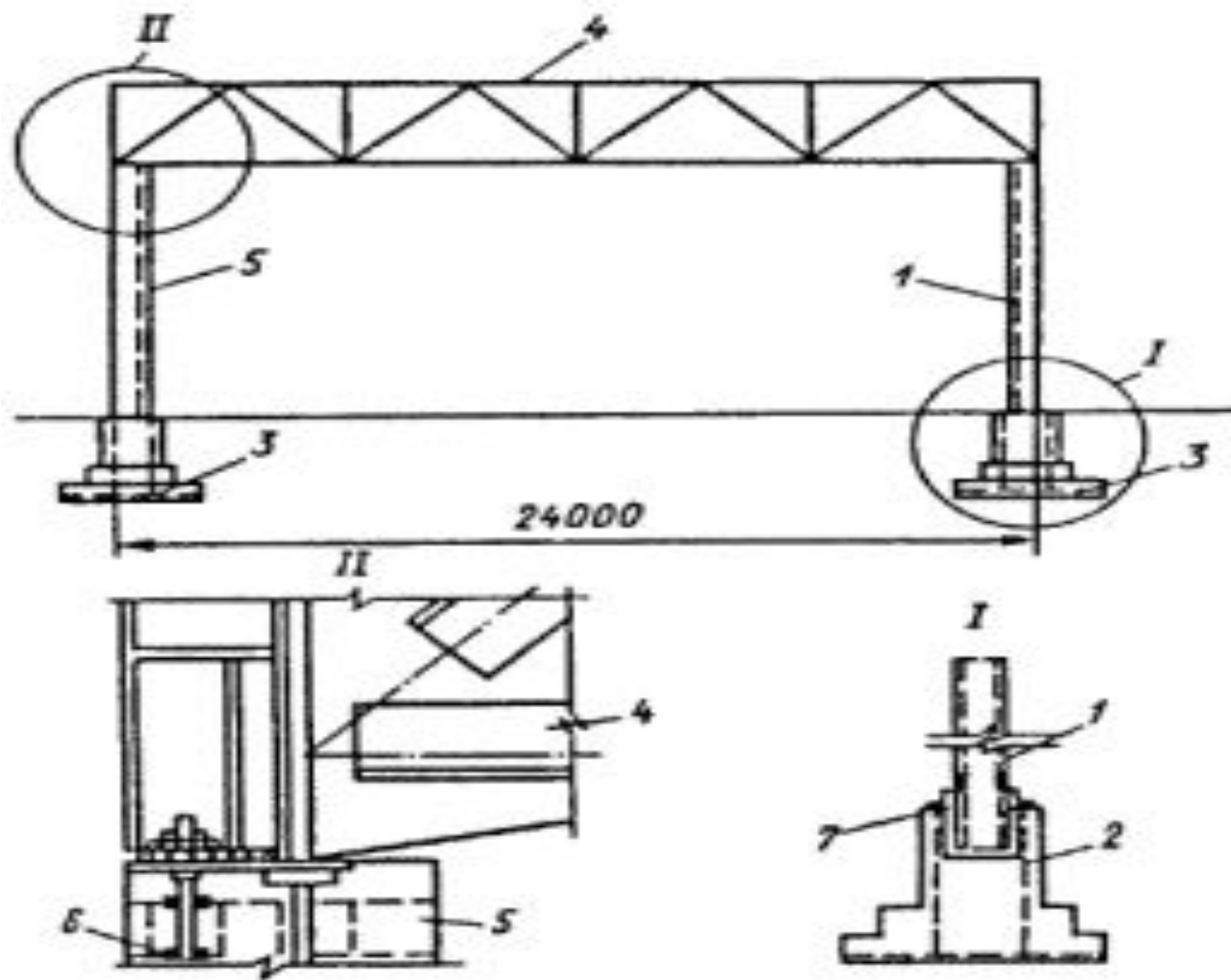
Молниезащита здания I категории отдельно стоящим тросовым молниеотводом ( $R = 300 \text{ Ом} \times \text{м}$ ,  $S_0 \approx 4 \text{ м}$ ,  $S_3 \approx 6 \text{ м}$ ,  $S_{el} \approx 3,5 \text{ м}$ ):

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 подожники; 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



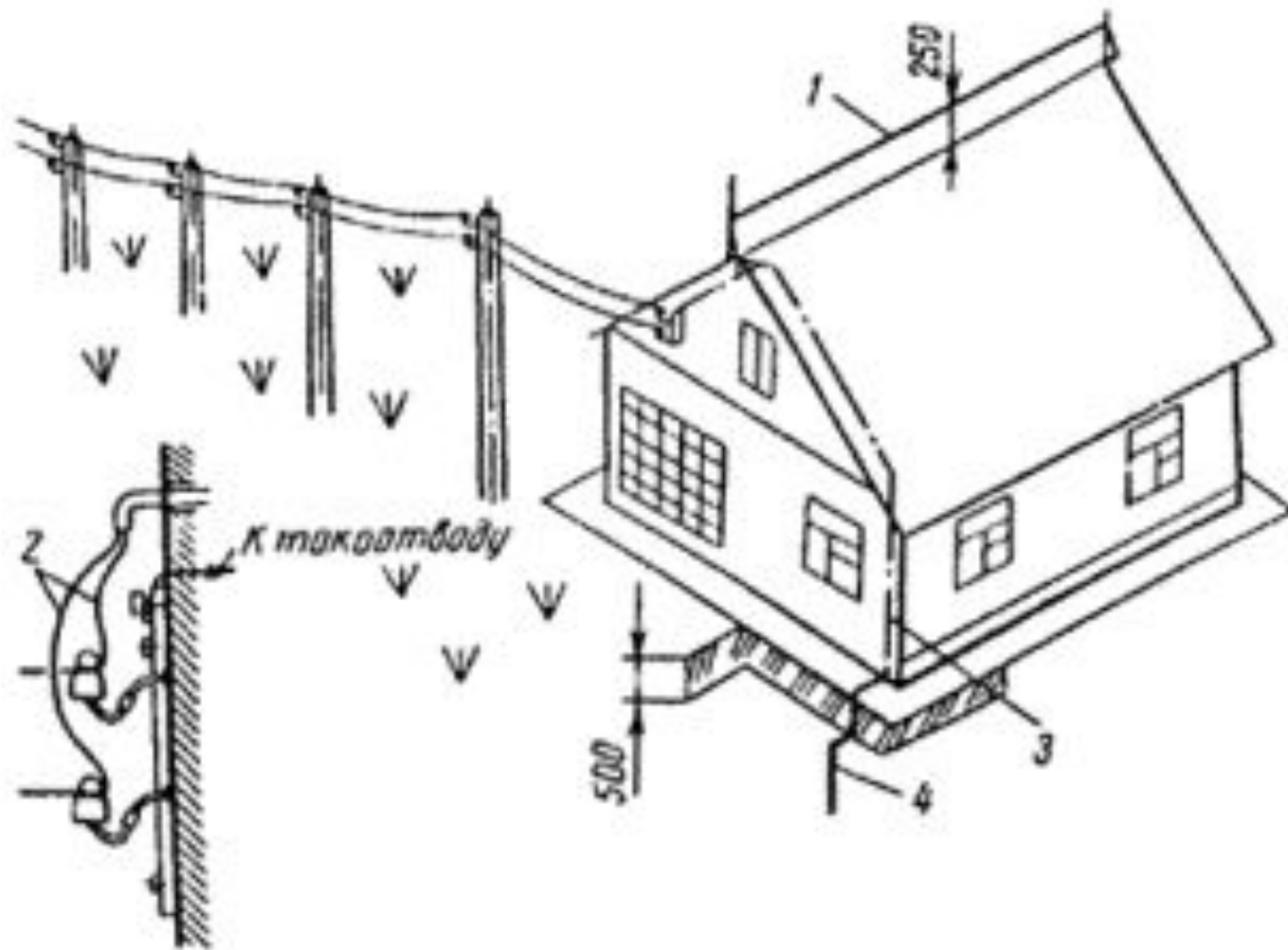


Молниезащита здания II категории с металлическими фермами (в качестве токоотводов и заземлителей использована арматура железобетонных колонн и фундаментов):

1 - арматура колонны; 2 - арматура фундамента; 3 - заземлитель; 4 - стальная ферма; 5 - железобетонная колонна; 6 - анкерные болты, привариваемые к арматуре; 7 - закладная деталь







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

