

Пожарная профилактика.

Расчёт молниеотвода.

ЗАДАНИЕ: Спроектировать молниеотвод для отдельно стоящего трёхэтажного здания банка с размерами $A = 36$ м, $B = 18$ м. Наибольшая высота здания $h_x = 15$ м. Здание расположено в городе Виннице. Грунт, на котором построено здание, — су-глинок с удельным сопротивлением $\rho = 100$ Ом·м.

РЕШЕНИЕ. По карте среднегодовой продолжительности гроз (Приложение 0) находим, что для данной местности средняя продолжительность гроз составляет от 80 до 100 часов.

По Приложению 3 находим, что среднегодовое число поражений молний в 1 км² земной поверхности в месте расположения здания

$$n = 7$$

Ожидаемое количество N поражений зданий прямоугольной формы определяется по формуле:

$$N = \left[(A + 6 \cdot h_x) \cdot (B + 6 \cdot h_x) - 7,7 \cdot h_x^2 \right] \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

где A – длина здания, м;

B – ширина здания, м;

h_x – наибольшая высота здания (сооружения) в м

Подсчитаем значения N :

$$N = \left[(36 + 6 \cdot 15) \cdot (18 + 6 \cdot 15) - 7,7 \cdot 15^2 \right] \cdot 7 \cdot 10^{-6} = 0,08 \quad (2)$$

По Приложению 1 находим, что данное здание подлежит к III категории молниезащиты. При этом установлена зона защиты типа Б. Поскольку расстояние от отдельно стоящего молниеотвода до зданий, относимых к III категории молниезащиты, не нормируется, располагаем опору молниеотвода в непосредственной близости от здания (в плане рис. 1).

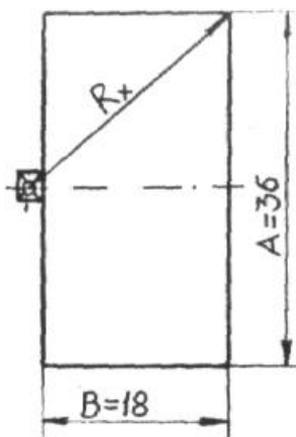


Рис. 1 План расположения здания и молниеотвода

Тогда из решения прямоугольного треугольника находим R_x – радиус зоны защиты на высоте h_x :

$$R_x = \sqrt{18^2 + \left(\frac{36}{2}\right)^2} = 25,5 \text{ м}$$

Рисуем зону защиты молниеотвода (рис. 2)

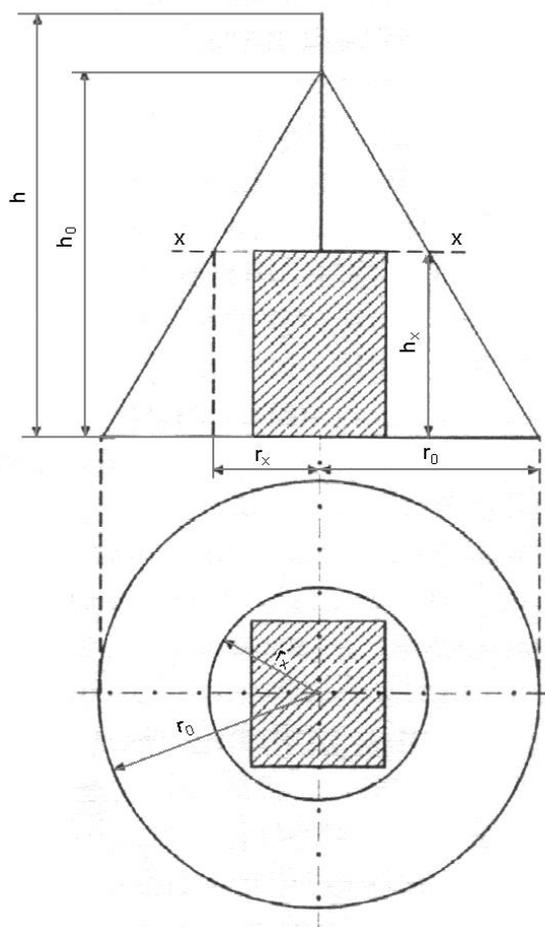


Рис. 2 Зона защиты молниеотвода

По Приложению 4 находим формулы для расчёта параметров молниеотвода.

Необходимая высота молниеотвода рассчитывается как:

$$h = \frac{(R_x + 1,63 \cdot h_x)}{1,5} = \frac{(25,5 + 1,63 \cdot 12)}{1,5} = 30 \text{ м} \quad (2)$$

Параметры зоны защиты по приложению 0:

$$h_0 = 0,92 \cdot h = 0,92 \cdot 30 = 27,6 \text{ м}$$

$$r_0 = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 30 = 45 \text{ м}$$

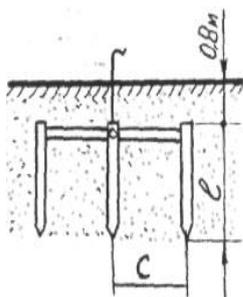


Рис.3 Заземлитель молниеотвода

Молниеприёмник из круглой стали $\varnothing 12$ мм и длиной 2 м привариваем к верху металлической опоры, решётчатая конструкция которой выполняет роль токоотвода.

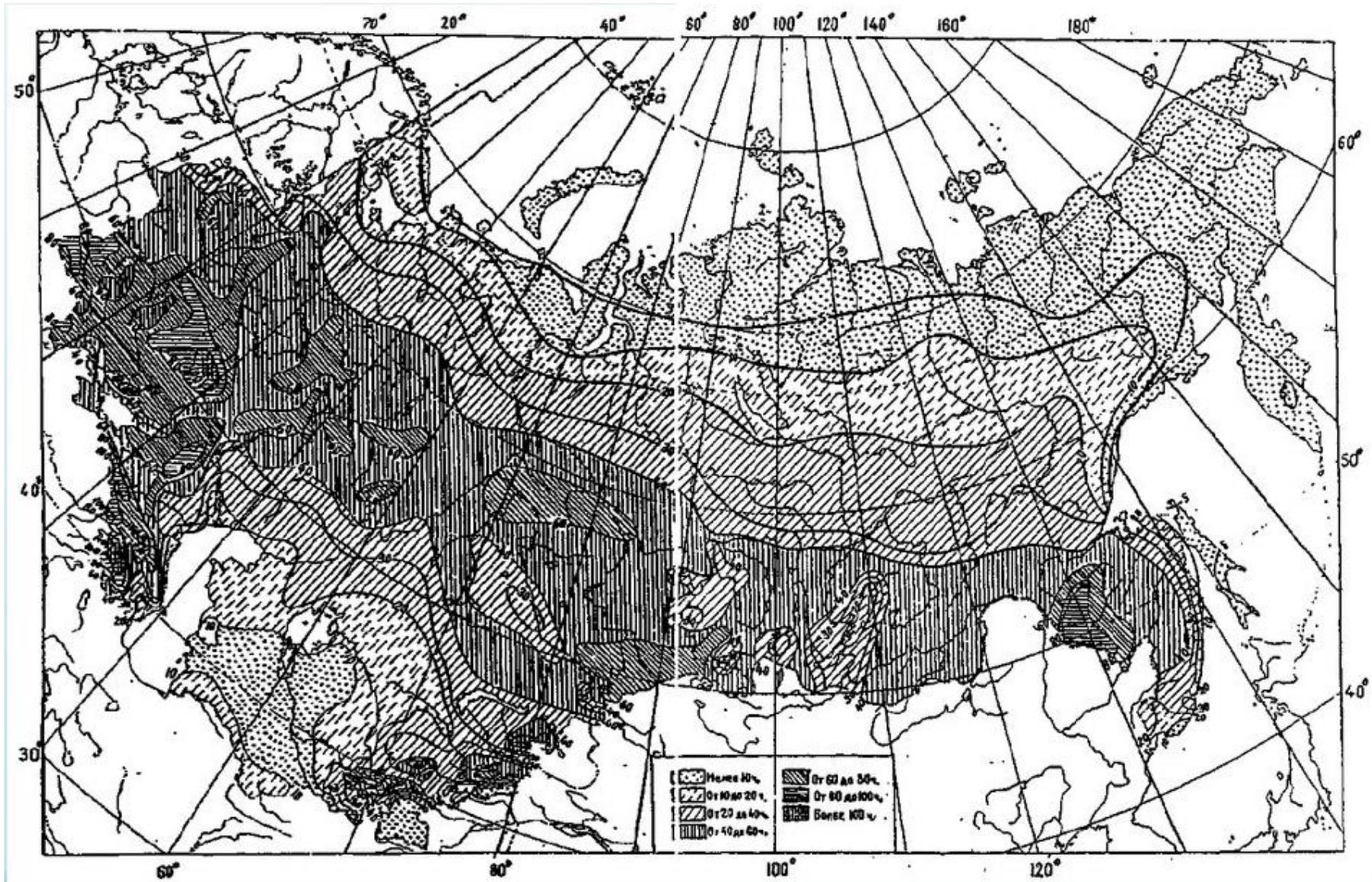
Для растекания тока в земле на глубине 0,8 м от поверхности устанавливаем искусственный заземлитель (рис. 3) в виде 3-х электродов, соединенных горизонтальной полосой $c = 6$ м, $l = 2,5$ м, сопротивление растеканию тока промышленной частоты при этой конструкции заземлителя составит 6 Ом, для данного типа грунта (Приложение 5).

Приложение 1.

Типы зон и категории устройств молниезащиты зданий и сооружений

Здание и сооружение	Местоположение	Типы зоны защиты	Категория молниезащиты
Здания и сооружения или их части, помещения, которые согласно ПУЭ относятся к классам В-I и В-II	По всей территории Украины	Зона А	I
Тоже к классам В-Ia, В-Iб, В-IIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч/год и более	При ожидаемом количестве поражений молний в год здания или сооружения $N > 1$ – зона А, при $N < 1$ – зона Б	II
Тоже к классам П-I, П-II, П-IIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч/год и более	Для зданий и сооружений I и II степени огнестойкости при $0,1 < N < 1$ и для III, IV и V степени огнестойкости при $0,02 < N < 1$ – зона Б, при $N > 2$ – зона А	III
Здания и сооружения III, IV и V степеней огнестойкости, в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч/год и более	При $0,1 < N < 2$ — зона Б, при $N > 2$ — зона А	III
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 30 м, удаленные от других зданий более, чем на 400 м	В местностях со средней годовой продолжительностью гроз 20 ч/год и более	Зона Б	III
Здания вычислительных центров и компьютерных центров	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч/год и более	Зона Б	II

Приложение 1.
Карта годовой продолжительности гроз в часах



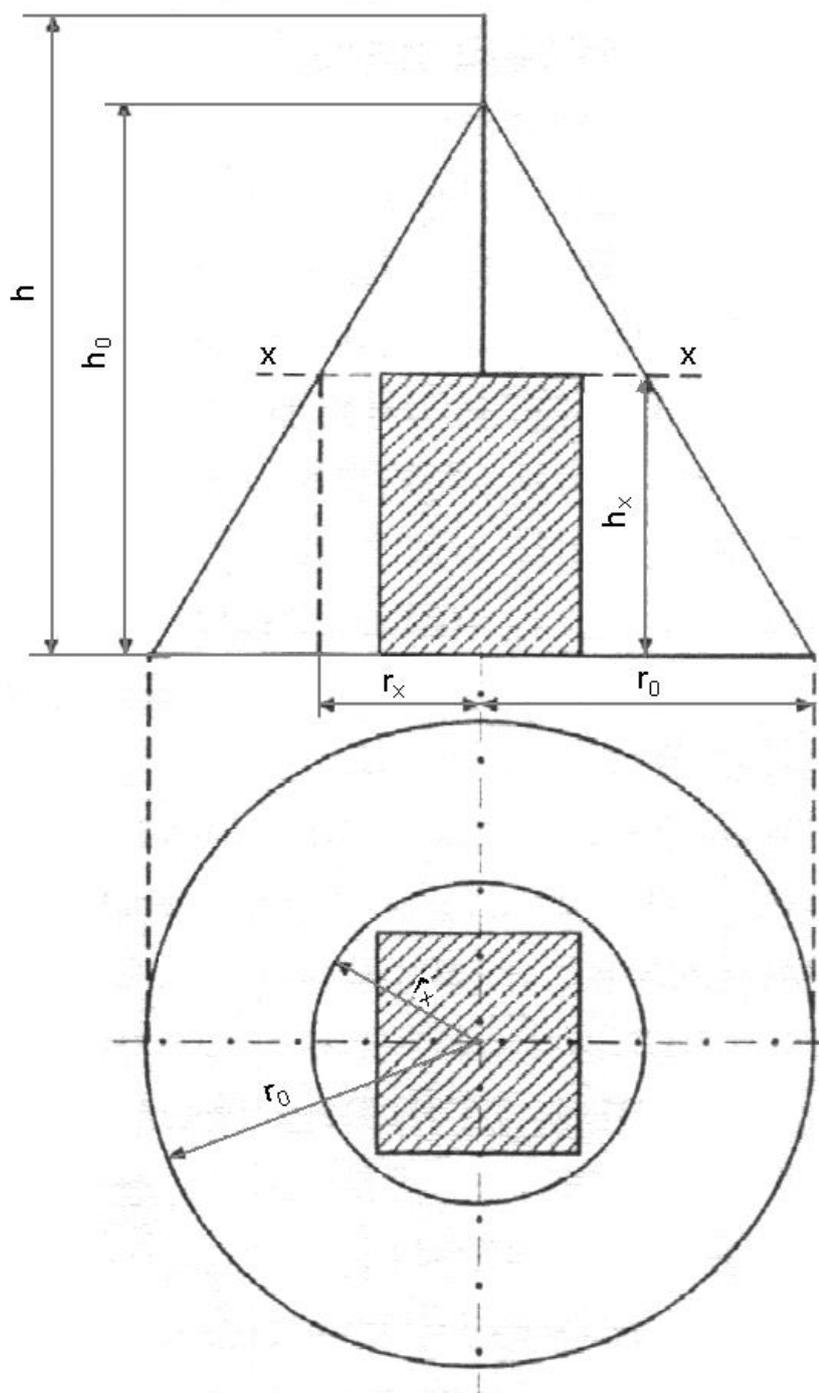
Приложение 3.

Зависимость среднегодового числа ударов молнии в 1 км² земной поверхности n от среднегодовой продолжительности гроз час/год (прил. 2 РД 34.21.122-87)

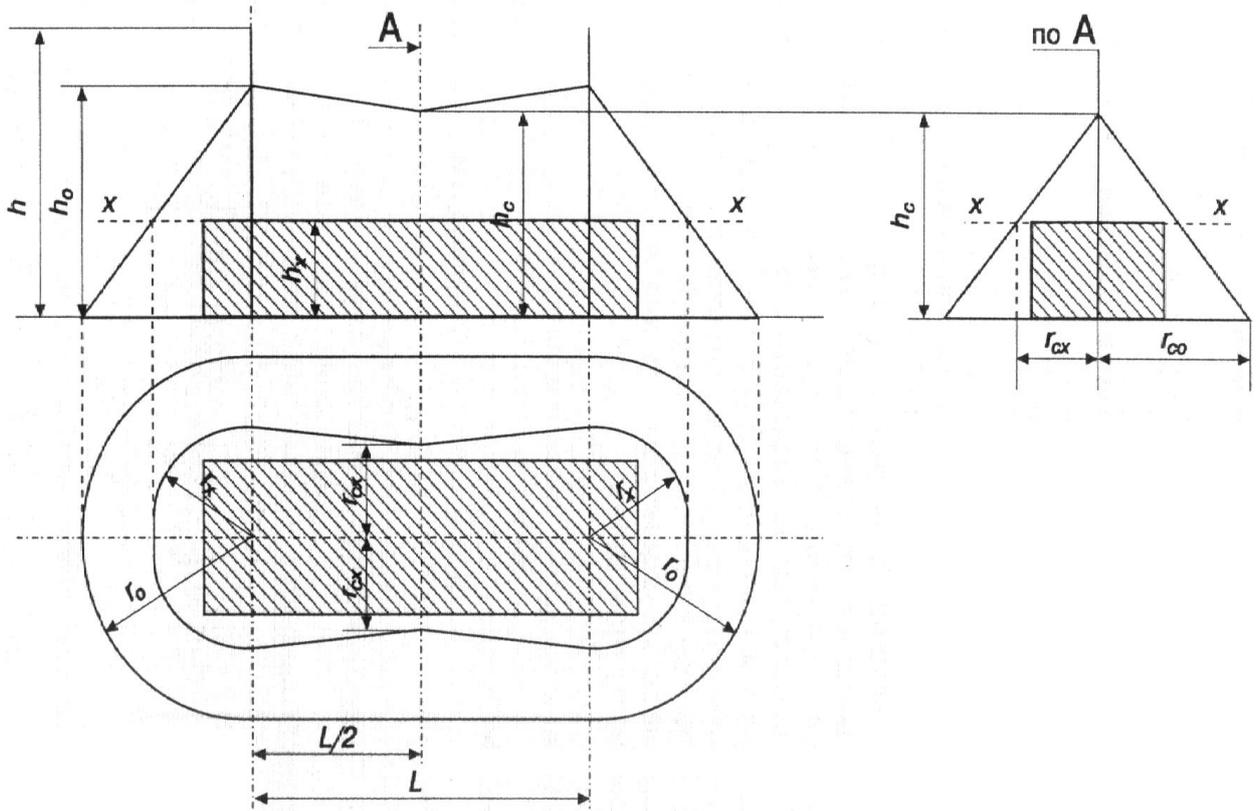
Среднегодовая продолжительность гроз, час/год	10 – 20	20 – 40	40 – 60	60 – 80	80 – 100	более 100
n	1	2	4	5,5	7	8,5

Приложение 4.

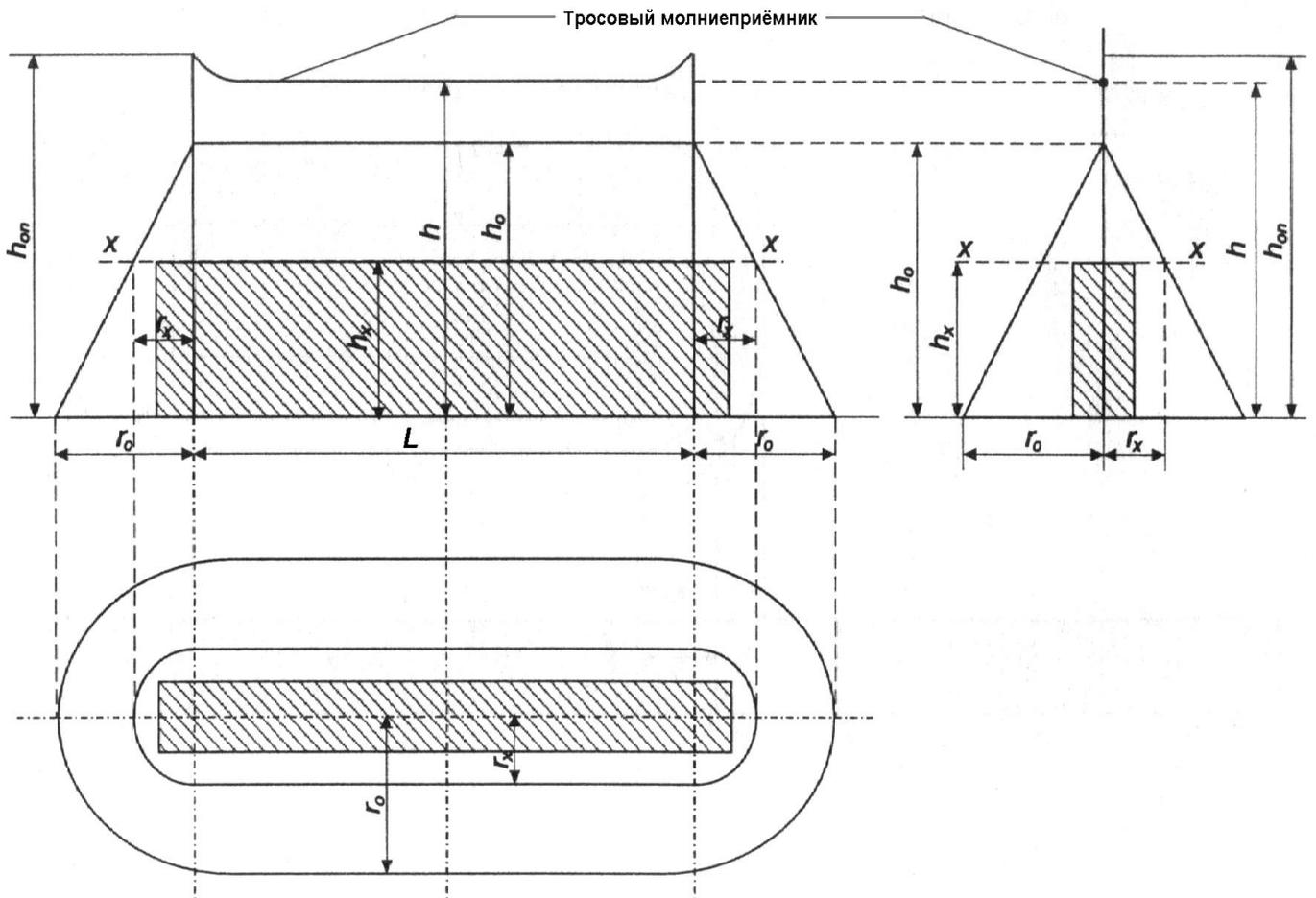
Расчётные формулы для определения параметров молниеотводов высотой до 150 м (прил. 3 РД 34.21.122-87). Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода



Зона защиты двойного стержневого молниеотвода



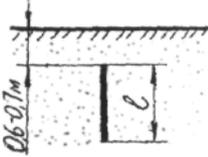
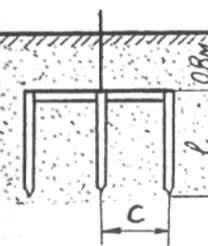
Зона защиты тросового молниеотвода



Зона	Соотношение L и h, м	Параметр	Одиночный стержневой молниеотвод, м	Двойной стержневой молниеотвод, м	Тросовый молниеотвод, м	
А	-	h	$h = p \pm \sqrt{p^2 - q}$	$h = p \pm \sqrt{p^2 - q}$	$h = p \pm \sqrt{p^2 - q}$	
	-	p	$p = 275 + \frac{h_x}{1,7}$	$p = 275 + \frac{h_x}{1,7}$	$p = 270 + \frac{h_x}{1,7}$	
	-	q	$q = \frac{r_x + 1,294h_x}{0,002}$	$q = \frac{r_x + 1,294h_x}{0,002}$	$q = \frac{r_x + 1,588h_x}{0,0025}$	
	-	h _o	$h_o = 0,85h$	$h_o = 0,85h$	$h_o = 0,85h$	
	-	r _o	$r_o = (1,1 - 0,002h) \cdot h$	$r_o = (1,1 - 0,002h) \cdot h$	$r_o = (1,35 - 0,0025h) \cdot h$	
	L ≤ h	h _c	-	-	$h_c = h_o$	-
		r _{co}	-	-	$r_{co} = r_o$	-
		r _{cx}	-	-	$r_{cx} = r_x$	-
	h < L ≤ 2h	h _c	-	-	$h_c = h_o - (L - h) \times (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)$	-
		r _{co}	-	-	$r_{co} = r_o$	-
		r _{cx}	-	-	$r_{cx} = \frac{r_o \cdot (h_c - h_x)}{h_c}$	-
	2h < L ≤ 4h	h _c	-	-	$h_c = h_o - (L - h) \times (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)$	-
		r _{co}	-	-	$r_{co} = 1,4 \cdot r_o - \frac{0,2 \cdot r_o \cdot L}{h}$	-
		r _{cx}	-	-	$r_{cx} = \frac{r_{co} \cdot (h_c - h_x)}{h_c}$	-
	L ≤ 120	h _{оп}	-	-	-	$h_{оп} = h + 2$
	120 < L ≤ 150	h _{оп}	-	-	-	$h_{оп} = h + 3$
Б	-	h	$h = \frac{r_x + 1,63h_x}{1,5}$	$h = \frac{r_x + 1,63h_x}{1,5}$	$h = \frac{r_x + 1,85h_x}{1,7}$	
	-	h _o	$h_o = 0,92h$	$h_o = 0,92h$	$h_o = 0,92h$	
	-	r _o	$r_o = 1,5h$	$r_o = 1,5h$	$r_o = 1,7h$	
	L ≤ h	h _c	-	-	$h_c = h_o$	-
		r _{co}	-	-	$r_{co} = r_o$	-
		r _{cx}	-	-	$r_{cx} = r_x$	-
	h < L ≤ 6 · h	h _c	-	-	$h_c = h_o - 0,14 \cdot (L - h)$	-
		r _{co}	-	-	$r_{co} = r_o$	-
		r _{cx}	-	-	$r_{cx} = \frac{r_{co} \cdot (h_c - h_x)}{h_c}$	-
	L ≤ 120	h _{оп}	-	-	-	$h_{оп} = h + 2$
120 < L ≤ 150	h _{оп}	-	-	-	$h_{оп} = h + 3$	

Приложение 5.

Типовые конструкции заземлителей молниезащиты и их сопротивление растеканию тока промышленной частоты

Тип заземлителя	Материал	l, м	с, м	Сопротивление растеканию тока промышленной частоты, Ом, при удельных сопротивлениях грунта, Ом·м			
				50	100	500	1000
<p>Вертикальный стержневой</p> 	Уголок 40x40x4	2	–	19	38	190	380
		3	–	14	28	140	280
	Сталь круглая d = 10-20 мм	2	–	24	48	240	480
		3	–	17	34	170	340
<p>Горизонтальный полосовой</p> 	Полоса 4x40 мм	2	–	22	44	220	440
		5	–	12	24	120	240
		10	–	7	14	70	140
<p>Горизонтальный полосовой с выводом тока в середину</p> 	Полоса 4x40 мм	5	–	9.5	19	95	190
		10	–	5,85	12	60	120
		12	–	5,4	11	54	110
		24	–	3,1.	6,2	31	62
		32	–	–	–	24	48
		40	–	–	–	20	40
<p>Комбинированный двухстержневой</p> 	Уголок 40x40x4 мм, полоса 4x40 мм	2,5	3	7	14	70	140
		3	3	6	12	60	120
		2,5	6	5,5	11	55	110
		3	6	4,5	9,1	45	90
		2,5	3	7,5	15	75	150
	Круглая сталь d= 10-20 мм, полоса 4x40мм	3	3	6,8	14	70	140
		2,5	5	6	12	60	120
		3	5	5,5	11	55	110
		5	3	5,5	11	55	110
		5	5	4	8	40	80
<p>Комбинированный трехстержневой</p> 	Уголок 40x40x4 мм, полоса 4x40 мм	2,5	3	4	8	40	80
		2,5	6	3	6	30	60
		3	7	2,7	5,4	27	55
	Круглая сталь d= 10-20 мм, полоса 4x40мм	2,5	2,5	4,8	9,7	50	100
		3	2,5	4,4	8,9	45	90
		2,5	5	3,5	7,1	36	70
		5	6	2,7	5,4	27	55

Варианты задания для расчета одиночного стержневого молниеотвода

№ вар.	Место расположения объекта	Характеристика защищаемого объекта		Размеры объекта, м				Удельное сопротивление грунта, ρ , Ом·м
		Зона класса взрывопожароопасности	Тип здания	L	S	H	$D_{верх}/D_{назем}$	
1	Киров	П-III	жилой дом	6	4	4	-	250
2	Уфа	В-III	цех	16	8	6	-	150
3	Брянск	В-I	цех	20	8	6	-	120
4	Смоленск	П-II	цех	18	6	6	-	150
5	Ростов-на - Дону	П-II	столовая	24	8	8	-	220
6	Норильск	П-III	водонапорная башня	-	-	12	2/4	180
7	Южно-Сахалинск	В-II	цех	80	24	15	-	180
8	Волгоград	П-III	дымовая труба	-	-	60	1,2/4	180
9	Кемерово	П-II	дымовая труба	-	-	50	1,3/4	180
10	Краснодар	В-IIб	цех	60	18	18	-	220

Варианты задания для расчета одиночного тросового молниеотвода

№ вар.	Место расположения объекта	Характеристика защищаемого объекта		Размеры объекта, м			Марка троса	Скорость ветра, v , м/с	Удельное сопротивление грунта, ρ , Ом·м
		Зона класса взрывопожароопасности	Тип здания	L	S	H			
1	Архангельск	В-I	цех	70	6	6	С-35	20	300
2	Астрахань	В-I	цех	120	12	12	С-50	20	500
3	Казань	В-II	цех	110	20	12	С-25	30	1000
4	Петрозаводск	В-I	цех	72	12	12	С-25	20	800
5	Москва	В-I	цех	120	12	8	С-25	25	350
6	Екатеринбург	П-III	цех	100	12	12	С-50	30	150
7	Псков	П-III	жил дом	80	10	8	С-50	25	800
8	Брянск	П-III	цех	150	12	12	С-35	30	1000
9	Орел	П-III	цех	120	18	10	С-70	20	1000
10	Магадан	П-III	цех	140	18	8	С-70	25	300
11	Иркутск	П-III	цех	60	12	10	С-50	20	240
12	Самара	П-III	цех	140	12	6	С-50	20	220
13	Новосибирск	П-III	цех	100	18	12	С-35	25	300
14	Курск	П-II	цех	120	12	10	С-70	25	500
15	Краснодар	В-I	цех	90	12	6	С-35	30	180