



**КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**



Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС
Кафедра ПБТПП



**ТЕМА № 8: «ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СТАТИЧЕСКОГО
И АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА»**

**Практическое занятие № 8.2:
РАСЧЕТ МОЛНИЕЗАЩИТЫ**

УЧЕБНЫЕ ЦЕЛИ:

- 1. Освоить расчет высоты молниеотводов.**
- 2. Выработать навыки по определению зоны защиты молниеотводов.**

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

- 1. Расчет высоты молниеотводов.**
- 2. Определение зоны защиты молниеотводов.**



ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

Агунов М.В., Маслаков М.Д., Пелех М.Т. Пожарная безопасность электроустановок: Учебник - СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2012. – 292 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Агунов М.В., Маслаков М.Д., Пелех М.Т. Пожарная безопасность электроустановок: Учебное пособие. — СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2010. – 106 с.

2. Маслаков М.Д., Пелех М.Т., Родионов В.А., Хорошилов О.А. Пожарная безопасность электроустановок. Молниезащита и защита от статического электричества: Учебное пособие. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2010. – 234 с.

3. Маслаков М.Д., Малинин В.Р., Скрипник И.Л. Пожарная безопасность электроустановок: Задания и методические рекомендации по выполнению курсовой работы для курсантов очного и слушателей заочного обучения по специальности 330400 – “Пожарная безопасность” / Под. общей редакцией В.С. Артамонова. – СПб.: Санкт - Петербургский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2004. – 67 с.



НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

Федеральные законы:

1. **Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г № 123 – ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”.**

ГОСТ, НПБ, ППБ, РД, ВППБ, СНиП:

1. **Правила устройства электроустановок. - 7-е изд., перераб. и доп. – 2009.**
2. **СО – 153 - 34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: Из – во МЭИ, 2004. – 56 с.**
3. **Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122 – 87/Минэнэрго СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 56 с.**



КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

ВАРИАНТ № 1

Вопрос № 1: Перечислите виды воздействия прямого удара молнии на объекты и чем эти воздействия обуславливаются?

Вопрос № 2: На какие категории по молниезащите подразделяются здания и сооружения в соответствии инструкцией РД 34.21.122-87?

ВАРИАНТ № 2

Вопрос № 1: Поясните, что понимают под вторичными воздействиями молнии, и перечислите явления вторичных воздействий молнии?

Вопрос № 2: Поясните, понятия стример, лидер?



РАСЧЕТ ВЫСОТЫ МОЛНИЕОТВОДОВ

Выбор типа и высоты молниеотводов производится исходя из значений требуемой надежности защиты $P_z = 1 - P_{пр}$, где $P_{пр}$ – вероятность прорыва молнии в зону защиты.

В терминах теории надежности вероятность прорыва – параметр, характеризующий отказ молниеотвода как защитного устройства.

Вероятность прорыва молнии в зону защиты – это отношение числа ударов молнии в защищенный объект (числа прорывов) к общему числу ударов в молниеотвод и объект.

Подсчет ожидаемого количества N поражений молнией зданий или сооружений, не имеющих молниезащиты, в год производится по формулам:

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

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

- для зданий и сооружений прямоугольной формы

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

где h — наибольшая высота здания или сооружения (м); S , L — соответственно ширина и длина здания или сооружения (м); N_g — среднегодовое число ударов молнии в 1 км земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.



КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ



Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Кафедра ПБТПИ

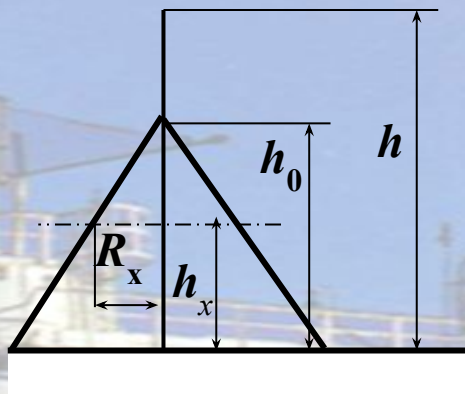


**УДЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ УДАРОВ МОЛНИИ
В ГОД N_g , $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$**

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	Удельная плотность ударов молнии в землю N_g , $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$
10 – 20	1
20 – 40	2
40 – 60	4
60 – 80	5,5
80 – 100	7
100 и более	8,5



ЗОНА ЗАЩИТЫ ОДИНОЧНОГО СТЕРЖНЕВОГО МОЛНИЕОТВОДА



Зона типа А:

$$h_0 = 0,85h; R_0 = (1,1 - 0,002h)h$$

$$R_x = (1,1 - 0,002h)(h - h_x / 0,85)$$

Зона типа Б:

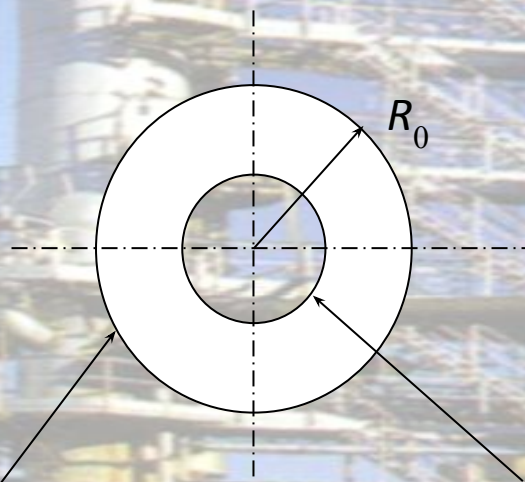
$$h_0 = 0,92h; R_0 = 1,5h$$

$$R_x = 1,5(h - h_x / 0,92)$$

где R_x и h_x определяются по закону подобия треугольников.

Для зоны типа Б высота молниеотвода при известных величинах R_x и h_x может быть определена по формуле

$$h = (R_x + 1,63h_x) / 1,5.$$



граница зоны
защиты на уровне
земли

граница зоны защиты
на уровне h_x



**КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**
**РАСЧЕТ ЗОНЫ ЗАЩИТЫ ОДИНОЧНОГО СТЕРЖНЕВОГО
МОЛНИЕОТВОДА (по СО 153-34.21.122-2003)**



Надежность защиты P_z ,	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	от 0 до 100	$0,85h$	$1,2h$
	от 100 до 150	$0,85h$	$[1,2-10^{-3}(h-100)]h$
0,95**	≤ 150	$0,92h$	$1,5h$
0,99	от 0 до 30	$0,8h$	$0,8h$
	от 30 до 100	$0,8h$	$[0,8-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$[0,8-10^{-3}(h-100)]h$	$0,7h$
0,995**	≤ 150	$0,85h$	$(1,1-0,002h)h$
0,999	от 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
	от 30 до 100	$[0,7-7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$	$[0,6-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$[0,65-10^{-3}(h-100)]h$	$[0,5-2 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$

** – по РД 34.21.122-87

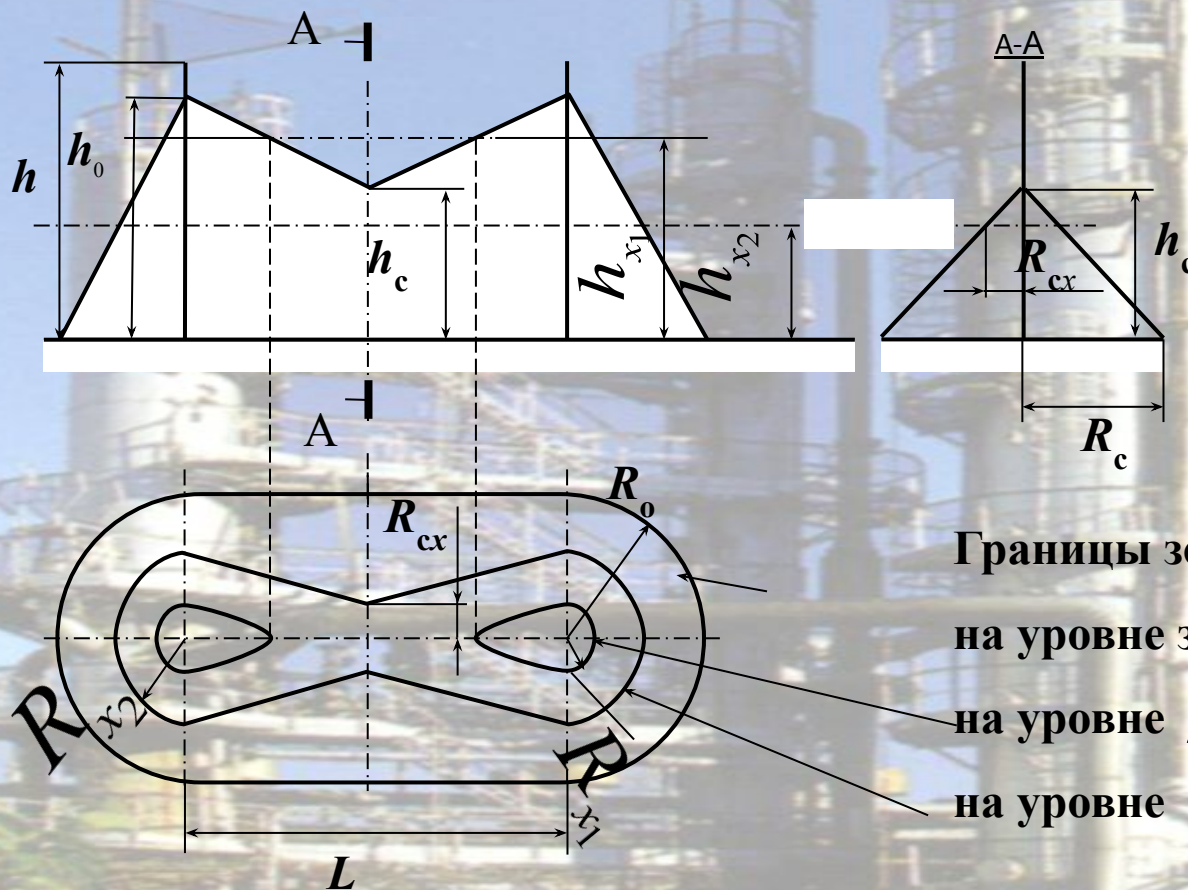


КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ



ЗОНА ЗАЩИТЫ ДВОЙНОГО СТЕРЖНЕВОГО МОЛНИЕОТВОДА



Границы зон защиты:

на уровне земли

на уровне h_{x1}

на уровне h_{x2}

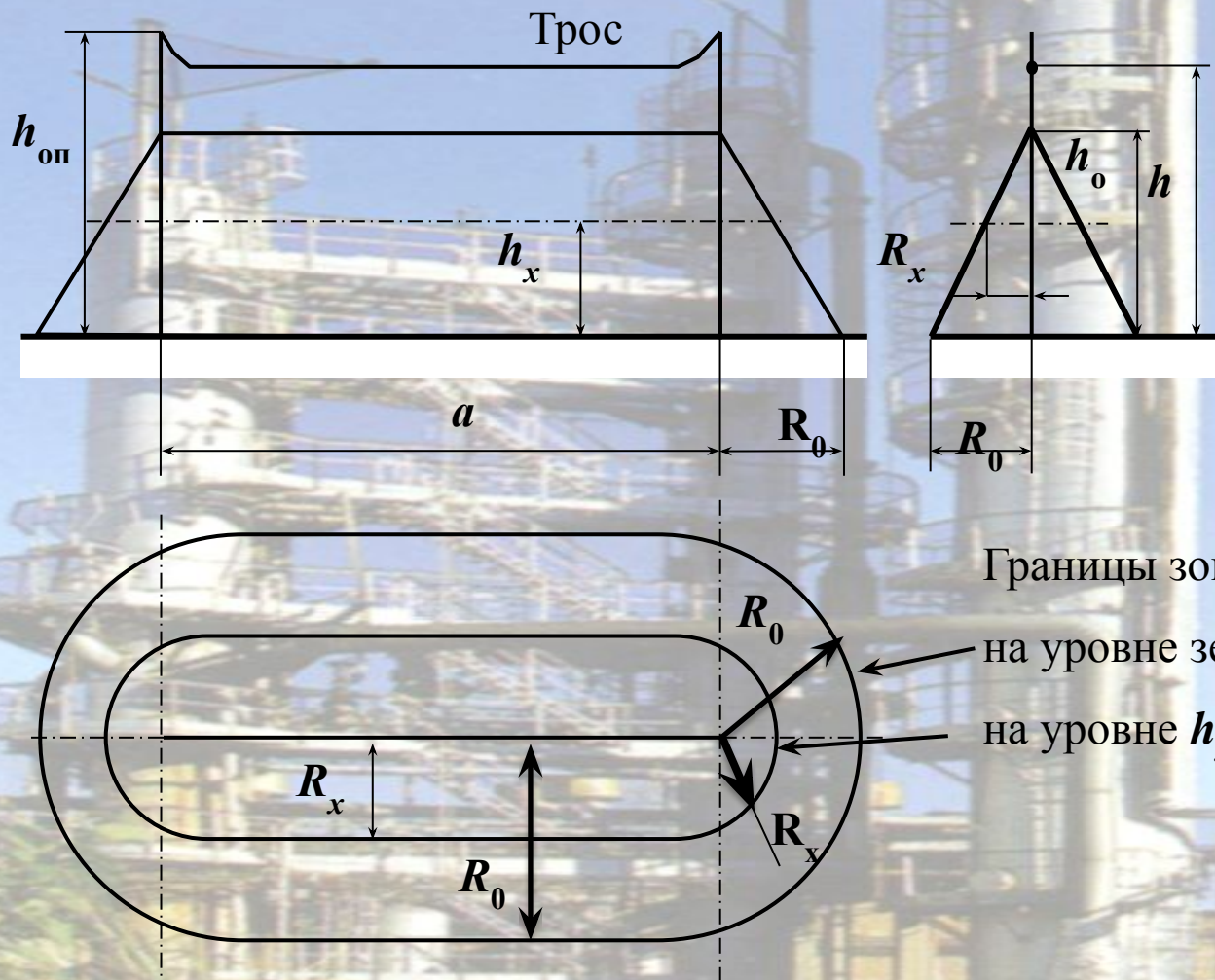


РАСЧЕТ ЗОНЫ ЗАЩИТЫ ДВОЙНОГО СТЕРЖНЕВОГО МОЛНИЕОТВОДА

Надежность защиты P_z ,	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	от 0 до 30	$5,75h$	$2,5h$
	от 30 до 100	$[5,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$	$2,5h$
	от 100 до 150	$5,5h$	$2,5h$
0,99	от 0 до 30	$4,75h$	$2,25h$
	от 30 до 100	$[4,25-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$	$[2,25-0,0107(h-30)]h$
	от 100 до 150	$4,5h$	$1,5h$
0,999	от 0 до 30	$4,25h$	$2,25h$
	от 30 до 100	$[4,25-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$	$[2,25-0,0107 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$4,0h$	$1,5h$



ЗОНА ЗАЩИТЫ ОДИНОЧНОГО ТРОСОВОГО МОЛНИЕОТВОДА





ОДИНОЧНЫЙ ТРОСОВЫЙ МОЛНИЕОТВОД

Здесь h – высота троса в точке наибольшего провеса. С учетом стрелы провеса троса сечением 35-50 мм² при известной высоте опор $h_{\text{оп}}$ и длине пролета $L < 120$ м высота троса $h = h_{\text{оп}} - 2$ м, а при $L = 120-150$ м $h = h_{\text{оп}} - 3$ м.

Конфигурацию и размеры зоны защиты одиночных тросовых молниеотводов определяют по формулам:

Зона типа А: $h_0 = 0,85h$; $R_0 = (1,35 - 0,0025h)h$; $R_x = (1,35 - 0,0025h)(h - h_x/0,85)$

Зона типа Б: $h_0 = 0,92h$; $R_0 = 1,7h$; $R_x = 1,7(h - h_x/0,92)$

Для **зоны типа Б** высота одиночного тросового молниеотвода при известных h_x и R_x равна

$$h = (R_x + 1,85h)/1,7$$



РАСЧЕТ ЗОНЫ ЗАЩИТЫ ОДИНОЧНОГО ТРОСОВОГО МОЛНИЕОТВОДА

Надежность защиты P_z	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	от 0 до 150	$0,87h$	$1,5h$
0,95**	≤ 150	$0,92h$	$1,7h$
0,99	от 0 до 30	$0,8h$	$0,95h$
	от 30 до 100	$0,8h$	$[0,95-7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$0,8h$	$[0,9-10^{-3}(h-100)]h$
0,995**	≤ 150	$0,85h$	$(1,35-0,0025h)h$
0,999	от 0 до 30	$0,75h$	$0,7h$
	от 30 до 100	$[0,75-4,28 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$	$[0,7-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$[0,72-10^{-3}(h-100)]h$	$[0,6-10^{-3}(h-100)]h$

** – по РД 34.21.122-87



РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Пример 1. Определить соответствие молниезащиты прямоугольного здания длиной $l = 9$ метров, шириной $s = 6$ метров и высотой $h_x = 5,5$ метра требованиям пожарной безопасности. Для защиты от прямых ударов молнии используется одиночный крышевой молниеотвод, расположенный в центре крыши здания, с молниеприемником типа МП-1 длиной 5,5 метра.

Предусмотренная надежность защиты равна 0,9.

Решение:

1) Определим высоту молниеотвода, сложив высоту здания и длину молниеприемника:

$$h = 5,5 + 5,5 = 11(м)$$

2) Исходя из предусмотренной надежности защиты здания, определим высоту защитного конуса и его радиус:

а) высота конуса $h_0 = 0,85h = 0,85 \cdot 11 = 9,35(м)$

б) радиус конуса $r_0 = 1,2h = 1,2 \cdot 11 = 13,2(м)$

3) Определим, вписывается ли контур здания в защитный конус, для чего сначала найдем половину длины диагонали вида сверху контура здания:

$$\frac{d}{2} = \frac{\sqrt{l^2 + s^2}}{2} = \frac{\sqrt{(9)^2 + (6)^2}}{2} = \frac{10,82}{2} = 5,41(м)$$



РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ (продолжение)

радиус горизонтального сечения r_x на высоте h_x здания:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0} = \frac{13,2 \cdot (9,35 - 5,5)}{9,35} = 5,44(\text{м})$$

Вывод: Радиус горизонтального сечения r_x на высоте h_x здания больше половины длины диагонали вида сверху контура здания, следовательно, принятый вариант молниезащиты **соответствует требованиям пожарной безопасности.**

Пример 2. Определить соответствие молниезащиты прямоугольного здания длиной $l = 10$ метров, шириной $s = 6$ метров и высотой $h_x = 4$ метра требованиям пожарной безопасности. Для защиты от прямых ударов молнии используются одиночный тросовый молниеотвод высотой 5 метров (с учетом провеса) над поверхностью крыши, расположенный вдоль центральной линии крыши здания, с расстоянием между точками подвеса тросов на крыше $L = 10$ метров. Предусмотренная надежность защиты равна 0,99.



РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ (продолжение)

Решение.

1) Определим высоту молниеотвода, сложив высоту здания и высоту тросового молниеотвода над поверхностью крыши: $h = 4 + 5 = 9(м)$

2) Исходя из предусмотренной надежности защиты здания, определим высоту защитного конуса и его радиус:

а) высота конуса $h_0 = 0,8h = 0,8 \cdot 9 = 7,2(м)$

б) радиус конуса $r_0 = 0,95h = 0,95 \cdot 9 = 8,55(м)$

3) Определим, полуширину r_x зоны защиты требуемой надежности на высоте h_x от поверхности земли:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0} = \frac{8,55(7,2 - 4)}{7,2} = 3,8(м)$$

Вывод: Поскольку полуширина здания равная 3 метрам меньше полуширины зоны защиты равной 3,8 метра, здание полностью вписывается в зону защиты одиночного тросового молниеотвода и, следовательно, принятый вариант молниезащиты **соответствует требованиям пожарной безопасности.**



ЗАДАНИЕ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПОДГОТОВКУ

- 1. Повторить материал практического занятия № 4.3.**
- 2. Изучить основные положения и требования инструкций по устройству молниезащиты зданий сооружений и промышленных коммуникаций РД 34.21.122-87 и СО – 153 – 34.21.122 – 2003.**
- 3. Произвести расчет своего варианта молниезащиты в курсовом проекте.**
- 4. Выполнить в курсовом проекте чертежи элементов молниезащиты.**