

УДК 621.316.9

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРТИЗЫ ЗОН МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Мисюкевич Н.С., к.т.н., доцент

*Предложен метод определения высоты зоны защиты стержневого и тросового молниеотводов, при которой обеспечиваются минимально необходимые размеры зон молниезащиты с использованием функций угла наклона наружной поверхности зоны защиты относительно поверхности земли.*

Существующая методика расчетов зон молниезащиты [1] довольно трудоемка, отсутствуют указания по выбору наиболее рационального места расположения опор молниеотводов, что существенным образом сказывается на конфигурации зон защиты. Целесообразно, чтобы зона защиты обладала минимальной избыточностью относительно защищаемого объекта и в то же время объект должен полностью находиться внутри сформированной зоны защиты. Сложность как проектирования, так и экспертизы зон молниезащиты ведет к тому, что ошибки в конструкции встречаются часто, а от ударов молнии в Республике Беларусь происходит более 250 пожаров ежегодно.

Для рассмотрения оптимизации процесса проектирования и экспертизы зон молниезащиты сформулируем рабочие гипотезы: **верхнюю точку стержневого и каждую точку троса тросового молниеотводов можно рассматривать как точки, обеспечивающие высоту зон защиты  $h_0$  при высоте расположения стержневого молниеотвода или троса  $h$ , радиус защиты на уровне земли  $r_0$  и  $r_x$  на высоте  $h_x$ .**

**Зону защиты тросового молниеотвода рассматриваем как совокупность зон защиты точек троса.**

Рассматривая конструкцию защищаемых объектов можно отметить, что задача защиты объекта сводится к необходимости обеспечения радиуса защиты  $r_x$  на высоте  $h_x$ . Чаще всего эти параметры определяются конструкцией объекта, являются известными и определяют защиту объекта как необходимость защиты одной наиболее выступающей его части. Это является необходимым и достаточным для того, чтобы считать объект защищенным.

Для стержневого молниеотвода

Зона А

$$r_x = [1,1 - 0,002 h] \cdot \left[ h - \frac{h_x}{0,85} \right]. \quad (1)$$

Зона Б

$$r_x = 1,5 \cdot \left[ h - \frac{h_x}{0,92} \right]. \quad (2)$$

Для тросового молниеотвода

Зона А

$$r_x = (1,35 - 0,0025h) \left( h - \frac{h_x}{0,85} \right). \quad (3)$$

Зона Б

$$r_x = 1,7 \left( h - \frac{h_x}{0,92} \right). \quad (4)$$

Формулы для определения  $r_x$  (1-4) представим с использованием  $h_x$  и  $h_o$ .

Зона А

Для стержневого молниеотвода

$$r_x = \left[ 1,1 - 0,002 \cdot \frac{h_o}{0,85} \right] \cdot \left[ \frac{h_o - h_x}{0,85} \right]. \quad (5)$$

Для тросового молниеотвода

$$r_x = \left[ 1,35 - 0,0025 \cdot \frac{h_o}{0,85} \right] \cdot \left[ \frac{h_o - h_x}{0,85} \right]. \quad (6)$$

## Зона Б

Для стержневого молниеотвода

$$r_x = 1,5 \cdot \left[ \frac{h_o - h_x}{0,92} \right]. \quad (7)$$

Для тросового молниеотвода

$$r_x = 1,7 \cdot \left[ \frac{h_o - h_x}{0,92} \right]. \quad (8)$$

Очевидно, что  $r_x$  зависит от соотношения  $h_o - h_x$  как для стержневых, так и для тросовых молниеотводов и не зависит от высоты молниеотводов. Таким образом, как стержневые, так и тросовые молниеотводы имеют сходную конфигурацию в верхней части области защиты.

Сделанный вывод подтверждает рабочую гипотезу о том, что любая точка троса тросового молниеотвода может рассматриваться как точка, обеспечивающая определенную область защиты более, чем у одиночного стержневого молниеотвода, исходя из особенности конструктивного исполнения, и по аналогичному принципу. То есть каждая точка троса обеспечивает защиту нижерасположенного пространства с определенной вероятностью при определенном угле обзора. Нас интересуют два значения вероятности защиты от поражения молнией, соответствующие зонам защиты А и Б.

Ввиду того что радиус зоны защиты увеличивается при удалении сечения от верха зоны защиты, можно сформулировать следующие аксиомы:

**Аксиома 1. Объект можно считать защищенным от прямого удара молнии, если наиболее выступающие в плане части объекта находятся внутри зоны защиты.**

**Аксиома 2. Радиус защиты на уровне земли не имеет значения для защиты объекта от прямого удара молнии.**

На основании аксиом 1 и 2 сформулируем алгоритм оптимизации проектирования и экспертизы зон молниезащиты: для того, чтобы считать объект защищенным, определяем минимально необходимые радиусы защиты для наиболее выступающих в плане частей объекта.

Для проектирования молниезащиты решается прямая задача. Сначала определяется высота зоны защиты, которая соответствует защите наиболее выступающих в плане частей объекта, а затем высота молниеотвода. Для целей экспертизы решается обратная задача.

определяется высота зоны защиты, а затем проводится проверка границ зоны молниезащиты у наиболее выступающих в плане частей объекта.

В результате математического моделирования зон молниезащиты установлено, что граница зоны защиты Б расположена под постоянным углом по отношению к поверхности земли. Определение высоты зоны защиты стержневого и тросового молниеотводов, при которой обеспечиваются минимально необходимые размеры зон молниезащиты, можно проводить с использованием функций этого угла по формуле:

$$h_o = h_x + k \cdot r_x, \quad (9)$$

где  $k$  – коэффициент вида защиты:

- для стержневого молниеотвода  $k = 0,613333$ ;
- для тросового молниеотвода  $k = 0,541176$ .

Для зон защиты А значение коэффициента  $k$  зависит от высоты зоны защиты и вида молниеотвода. В интервале высот от 1 до 126 метров изменяется в пределах:

- для стержневого молниеотвода от 0,77605 до 1,06094 (таблица 1);
- для тросового молниеотвода от 0,63239 до 0,87048 (таблица 2).

Значение коэффициента  $k$  представляет численное значение тангенса угла наклона линии функции

$$r_x = f(h_o) \quad (10)$$

к горизонтальной плоскости. Для практических целей достаточно знать значения коэффициента  $k$  с шагом в 1м. Числовые значения коэффициента  $k$  для зоны защиты А приведены в таблицах 1, 2. Изменение коэффициента  $k$  также можно исследовать по функции его изменения или графику.

## ЛИТЕРАТУРА

1. РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.- М.: Энергоатомиздат, 1987. - 56с.