



DEHN + SÖHNE

*Эдуард Базелян, д.т.н., профессор, зав. лабораторией молниезащиты ЭНИН им. Г.М. Кржижановского*

## ПРАКТИКА МОЛНИЕЗАЩИТЫ

### Фактическая надежность молниеотводов и принципы их применения

Компания DEHN+SÖHNE представляет пятую статью из цикла профессора Э.М. Базеляна по молниезащите, адресованного проектировщикам.

Предыдущие были опубликованы в 2010 г.:

в № 3 (частота прямых ударов молнии),  
№4 (степень опасности термического воздействия молнии),  
№ 5 (степень опасности механического воздействия молнии)  
и в № 6 (оценка целесообразности защиты от воздействия молнии).

Все материалы доступны на [www.news.elteh.ru](http://www.news.elteh.ru).

Когда Б. Франклин предложил защиту зданий молниеотводами, восхищенный Ломоносов написал оду в честь этой новой победы человека над природой. По современным представлениям физическая основа молниеотвода элементарна. Молния – это гигантская электрическая искра, которая возникает в воздушном промежутке между облаком и землей. Для перекрытия такого расстояния требуется вполне определенное напряжение, и чем короче промежуток, тем оно меньше. Установка высокого молниеотвода промежуток сокращает. Значит, более вероятно, что молния пойдет по меньшему пути к молниеотводу, а не по тому, который длиннее, к защищаемому объекту. В этом состоит основная идея. Дальше речь может идти только о деталях, хотя и очень существенных. Именно они определяют фактическую надежность защитного действия молниеотводов.

#### ВЫСОТА МОЛНИЕОТВОДА

Во многих лабораториях выполнялся простой эксперимент. Высокое напряжение от источника одновременно подавалось к двум разрядным промежуткам одинаковой конфигурации, но разной длины (рис. 1). По логике пробиваться должен более короткий. На деле с вероятностью 10–15% экспериментаторы наблюдают перекрытие длинного промежутка.

Дело в том, что электрическая прочность имеет разброс тем более значительный, чем длиннее изоляционный промежуток. В условиях, характерных для молнии, стандарт разброса лежит в пределах 6–10%. Случайным образом прочность короткого промежутка при данном воздействии импульсного напряжения может вырасти, а длинного наоборот снизиться и тогда перекрывается именно он. Это означает, что молния ударит не в молниеотвод, а в объект, и защита окажется далеко не 100-процентной.

Чтобы добиться должной надежности защиты, необходимо установить молниеотвод, который будет настолько выше объекта, что нивелирует последствия разброса пробивных напряжений в промежутках между грозовым облаком и этими заземленными сооружениями. Именно так построены отечественные зоны защиты.

Взгляните, например, на типовую зону защиты одиночного стержневого молниеотвода (рис. 2). Она представлена в виде конуса, вершина которого обязательно располагается

ниже вершины стержня. Тем самым достигается необходимое превышение молниеотвода над защищаемым объектом  $\Delta h = h - h_0$ . Его значение должно быть тем больше, чем выше уровень надежности защиты, гарантированный зоной для расположенного внутри ее наземного сооружения. Согласно российской «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО-153.21.122-2003 величина  $\Delta h$  при надежности защиты 0,9; 0,99 и 0,999 для молниеотводов высотой  $h \leq 30$  м должна составлять 0,15h, 0,2h и 0,3h соответственно.

Ничего подобного не предписывает стандарт Международной электротехнической комиссии (МЭК) IEC 62305. В частности, для молниеотводов высотой до 60 м там рекомендован метод защитного угла, по которому граница зоны защиты исходит непосредственно из вершины стержня. Это одна из главных причин того, что методики МЭК не получили распространения в отечественной практике проектирования молниезащиты.

#### НЕОДНОЗНАЧНОСТЬ ЗОН ЗАЩИТЫ

С зонами защиты связана еще одна трудно разрешимая проблема. Если объект целиком размещен во внутреннем объеме зоны, надежность его защиты от прямых ударов молнии будет не меньше той, что приписана зоне. На практике часто возникает ситуация, когда значительная часть зоны пустая, но какой-то относительно небольшой строительный фрагмент выходит за ее пределы. Ясно, что чем большая часть зоны свободна, тем надежнее защита, поэтому возникший запас вполне может компенсировать негабаритность части объекта, выступающей за границы зоны.

От всего этого совсем близко до утверждения о неоднозначности зон защиты. И это действительно так. Произвольную поверхность нельзя однозначно описать единственным параметром, в данном случае – гарантированной надежностью защиты. Поверхность в виде конуса выбрана для зоны, с одной стороны, по традиции, а с другой – из-за простоты построения. Вот почему в уже цитированном отечественном нормативе рекомендуется выбирать молниеотводы, исходя из требуемого значения надежности.

Российские специалисты готовы к такому подходу и давно разработали необходимые расчетные алгоритмы. Техническим циркуляром № 25/2009 ассоциации «Росэлектромонтаж» даже рекомендована конкретная расчетная программа, созданная в ОАО «ЭНИН им. Г.М. Кржижановского» на основе статистической методики. С помощью этой программы рассчитаны, в частности, все зоны защиты для отечественных нормативов. Приходится только сожалеть, что программа все еще недоступна проектировщику, потому что до сих пор не реализована ее товарная версия, пригодная для массового потребителя.

#### ВЫБОР МОЛНИЕОТВОДА

Проектируя молниезащиту, специалисту важно помнить, что при прочих равных условиях наименее надежны одиночные стержневые молниеотводы. Причину их несовершенства легко уяснить из простой схемы (рис. 3). У молнии из точки А, налетающей на объект с фронта, явно больше шансов прорваться к объекту, чем у молнии из точки В, с тыла, со сторо-

ны молниеотвода. Получается, что стержневой молниеотвод действует односторонне, поэтому он излишне высок

Два молниеотвода, установленные с противоположных сторон объекта, окажутся эффективнее одиночного, а стержневая четверка будет эффективнее двойки, потому что теперь хотя бы один из молниеотводов встанет на пути молнии, с какой бы стороны она не надвигалась.

С увеличением числа стержней надежность защиты нарастает. В этом отношении идеальным оказывается замкнутый тросовый молниеотвод, когда он охватывает защищаемую территорию по внешнему периметру. Такое решение позволяет существенно снизить высоту молниеприемников, экономя и материалы, и деньги без снижения надежности защиты.

И все-таки экономии средств нельзя считать самым главным. Нужно помнить, что, спасая от прямого удара молнии, молниеотвод мало влияет на воздействие ее электромагнитного поля. Ток молнии, распространяясь по молниеотводу, все равно оказывается поблизости от защищаемого объекта, электрические коммуникации которого оказываются в сильном магнитном поле этого тока. Вызванные им индуцированные перенапряжения – одно из наиболее опасных воздействий грозового электричества на современные объекты с большим объемом микроэлектроники.

Представим себе производственный объект относительно малой высоты на площади радиусом, скажем, 50 м. Площадь стягивания молний оценивается здесь как  $S_{ст} = \pi r^2 \approx 8000 \text{ м}^2$ . Положим, что неудачливый проектировщик применил стержневой молниеотвод, разместив его в центре защищаемой территории. При надежности молниезащиты 0,99 высота такого молниеотвода по расчетным формулам, приведенным в СО-153.21.122-2003, должна быть не меньше 68 м. Теперь радиус стягивания будет определяться высотой установленного стержня  $S_{ст} = 9\pi h^2 \approx 130\,000 \text{ м}^2$  [1], от чего суммарное число ударов молнии в пределах защищаемой территории вырастет примерно в 16 раз. Неважно, что почти все они будут перехвачены молниеотводом. Путь тока все равно окажется в непосредственной близости от электрических цепей объекта.

Для сравнения отметим, что замкнутый тросовый молниеотвод при той же надежности защиты от прямых ударов молнии располагался бы на высоте не более 20 м, а кратность увеличения числа ударов молнии от его установки оказалась бы в 4–5 раз меньше.

Вывод из проведенного анализа достаточно прост: **когда защита от прямых ударов молнии необходима, желательнее выполнять ее многократными молниеотводами, чтобы чрезмерно не увеличивать высоту системы наземных сооружений, влияющую на частоту ударов молнии.**

Тем самым удастся ограничить число опасных перенапряжений в электрических цепях защищаемого объекта, опасность которых может быть не меньше, чем опасность прямых ударов. Передовые европейские фирмы учитывают это достаточно простое правило. Их каталоги содержат набор молниеприемников самой различной высоты, в т.ч. и весьма малой. Их удобно крепить на крыше здания с кровлей из самых различных материалов. Например, фирма DEHN + SÖHNE серийно производит стержневые молниеотводы высотой от 1 до 14 м из алюминия, меди, оцинкованной и нержавеющей стали.

При малой высоте этих стержней их установка не требует сложных подготовительных работ. С помощью специальных держателей молниеприемники легко крепятся на коньке крыши, на плоской или наклонной части кровли, вблизи или непосредственно на технологическом оборудовании, вынесенном на крышу. Предлагаемый DEHN + SÖHNE набор комплектующих позволяет при необходимости смонтировать изолированную систему защиты от прямых ударов молнии.

**Принцип преимущественного использования многократных и тросовых молниеотводов по сравнению с одиночными стержневыми верен практически всегда и именно им в первую очередь должен руководствоваться инженер.**

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Базелян Э.М. Практика молниезащиты: частота прямых ударов молнии // Новости ЭлектроТехники. 3(63). 2010. С. 50–51.

Рис. 1

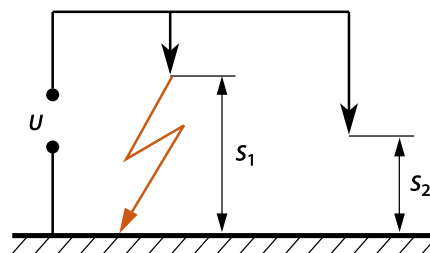


Рис. 2

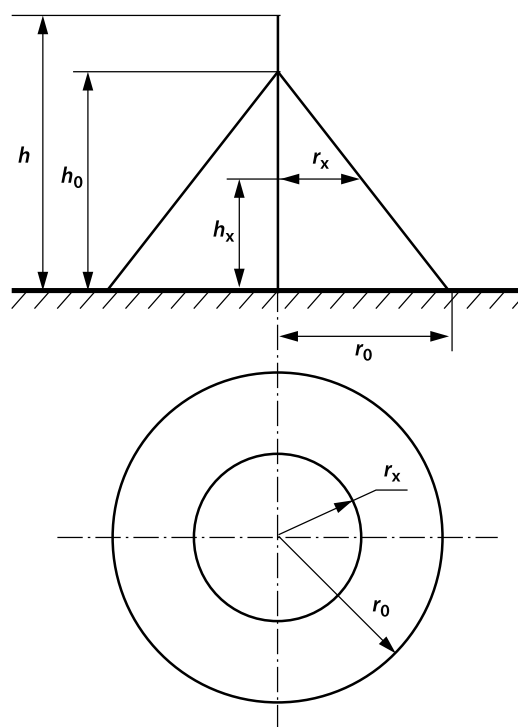
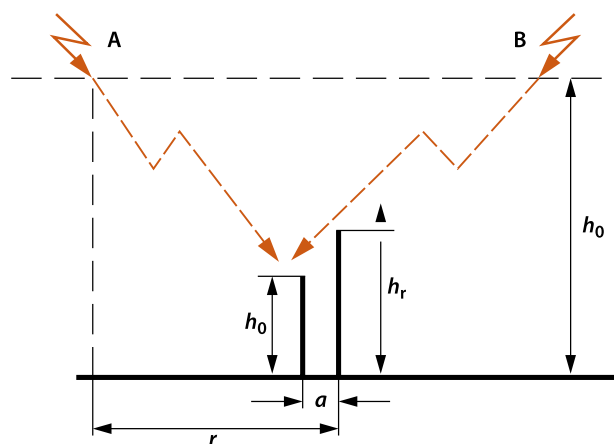


Рис. 3



#### DEHN + SÖHNE

Представительство в России

109316, Москва, Волгоградский пр., 47, оф. 335

Тел./факс: (495) 663-35-73, 663-31-22

info@dehn-ru.com, www.dehn-ru.com