

«КоммерЦЪ»: Молниезащита по-новому. Изучаем опыт – создаем инновации

А. С. ГРИБАНОВ – технический директор ООО «Бипрон»

Д. А. БЕЛОВ – коммерческий директор ООО «Бипрон»

Современная промышленность располагает достаточным количеством примеров пагубного воздействия грозовых разрядов, приведших к пожарам и разрушениям. Предприятия несут ежегодно многомиллионные убытки в результате коротких замыканий на энергообъектах, воздействий разрядов молний и статического электричества. Есть ли эффективные пути решения?

Существующие нормы и стандарты по молниезащите, например, СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений, и промышленных коммуникаций» и другие документы описывают данную проблему и содержат общие правила и рекомендации, однако не дают универсальных решений, которые можно использовать в любых (большинстве) ситуациях.

Причины, механизм, предпосылки

Чтобы понять потенциальную причину возникновения пожара, инициированного молнией, необходимо разобраться в механизме самой молнии, как явления, и ее вторичных воздействиях.

Грозное облако индуцирует очень сильный электростатический потенциал через определенные внутренние механизмы. Эксперты оценивают его эквивалент в 10 В. Известно, что конечный потенциал электростатического поля в нижней части грозового облака достигает объема в 10–30 тысяч В/м. Также установлено, что это поле накапливает заряд на поверхности земли под грозовым облаком такого же потенциала, но противоположного по знаку. Результат этого взаимодействия образует «электрическую тень» грозового облака и показан на рис. 1 и 2.

По мере движения грозового облака, аналогично перемещается и «электрическая тень». При вхождении в зону расположения объекта облако формирует заряд на всем, что находится на пути его следования, включая, конечно же, легко воспламеняемые материалы, в том числе топливные резервуары и другие конструкции. Конечное напряжение может достигать свыше миллиона вольт по отношению к области, лежащей вне грозового облака. Когда заряд в облаке достигает критического уровня конечный электрический потенциал заставляет воздух ниже грозового облака ионизироваться, формируя нисходящие ионизационные каналы,

называемые «лидеры грозового разряда», имеющие длину от 10 до 160 м. По мере продвижения искровых лидеров к земле переносится с ними и грозовой заряд (вольтаж) облака (рис. 1). Одновременно формируются восходящие стримеры, направляющиеся к нисходящим лидерам. В момент возникновения их первого контакта цепь замыкается и происходит нейтрализация заряда – молния. Данный механизм можно представить в виде провода, спускающегося от облака к земле – как только он коснется первого стримера (проводника) цепь замыкается. Вне зависимости от того является ли генерирующая стример структура естественным проводником электроэнергии или нет показателей измеряемого потока электричества в самом стримере не существует.

Нейтрализация заряда – это процесс переноса электрона от тела с их избытком (в данном случае это грозовое облако) к другому телу с их дефицитом – область под грозовым облаком (рис. 3).

Приблизительное время молнии 20 мкс и часто в канале разряда возникает множество всплесков напряжения. Это происходит из-за случайных центров связанного заряда, перемещающихся к каналу разряда из разных местоположений и с различной удаленности. Количество этих центров может варьироваться от 1 до 26 на один канал разряда.

Причины возгорания при грозовом разряде

Из описанного физического явления следует, что существует как минимум две основные причины возгорания при грозовом разряде:

1. **Прямое попадание молнии** в объект, где присутствуют легко воспламеняемые материалы, которые каким-либо образом подвергаются сильному тепловому воздействию удара молнии или канала разряда.
2. **Вторичные воздействия молнии**, которые включают четыре явления: наведенный высокий потенциал, электромагнитный и электростатический импульсы, а также блуждающие земные токи.

Сосредоточим внимание на самых распространенных из них – это так называемый «наведенный потенциал» и последующая искровая дуга. Статистика показывает, что вторичные воздействия грозового разряда гораздо чаще, чем принято считать, являются основной причиной возгораний нефтехранилищ и подобных строений. Такие пожары не редко бывают самозатухающими после сгорания свободных или изолированных нефтяных паров. Но непросто распознать вторичные воздействия как причину или механизм пожара. Большинство из существующих источников описывают более привычные прямые попадания молнии.

Данное утверждение сомнительно в связи со следующим. Вторичные воздействия молнии возникают из-за того, что при разряде молнии на изолированных металлических конструкциях вследствие электростатической индукции возникают высокие потенциалы, а в протяженных металлических

элементах (трубопроводах, кабелях и т.п.) из-за электромагнитной индукции наводятся большие напряжения, величина которых зависит от мощности электроустановок, их габаритов и конфигурации, взаимного расположения и т.д. Данные явления на практике не фиксируются, но при отсутствии факта «прямой молнии» (который установлен), именно вторичные воздействия создают нестабильное (переходное) напряжение, являющееся причиной возгораний. *Рассмотрим эти факторы подробнее.*



Рис. 1

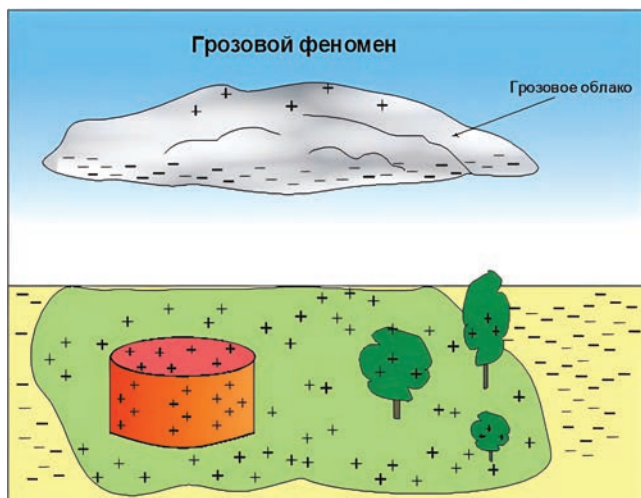


Рис. 2



Рис. 3

Риск прямого удара молнии

Вероятность прямого попадания молнии в какое-либо строение может быть рассчитана по существующим методикам: из относительного количества грозовых дней в году в данной местности, периметра и высоты здания, а также других параметров, относящихся к расположению объекта. Длина лидера молнии в канале разряда является величиной случайной до того момента пока он не достигнет предельно малого расстояния от земной поверхности (рис. 1). На этой стадии точка грозового разряда зависит от «конкурирующих» восходящих стримеров. Чтобы попасть под удар молнии объект обязан быть внутри «зоны удара», которая может быть диаметром от 10 м. Это означает, что канал разряда будет расположен внутри этой зоны, которая и должна быть защищена.

Если прямой удар молнии не вызвал пожара, то вторичные проявления молнии, вероятнее, будут являться таковыми. Искровая дуга от наведенного потенциала в незамкнутых металлических контурах является проблемой, требующей отдельного внимания.

Наведенный потенциал, как результат возникновения искровой дуги в незамкнутых контурах

Как выше отмечалось, грозовые разряды несут потенциальную опасность для объектов, расположенных в зоне «электрической тени» грозового облака. Однако, вероятность прямого попадания молнии в объект мала по сравнению с риском вторичных воздействий. Самыми распространенными из этих воздействий является наведенный потенциал (рис. 4) и последующая искровая дуга.

Вероятный риск возможно оценить путем сравнения размеров площади: которая будет подвергнута воздействию одним из четырех известных вторичных факторов – с размером «зоны удара» при прямом попадании молнии. Например, если гроза охватывает площадь, варьирующуюся в пределах от 15 до 150 км². То при этом грозовое облако индуцирует заряд на земной поверхности который взаимодействует (определяется) со всеми строениями, находящимися внутри этой зоны, вне зависимости от того являются ли они проводниками или нет. Выше описано, что разряд молнии ограничен «каналом» радиусом 10–160 м. Также известно и то, что длина лидера и конечная величина молнии являются показателем случайным.

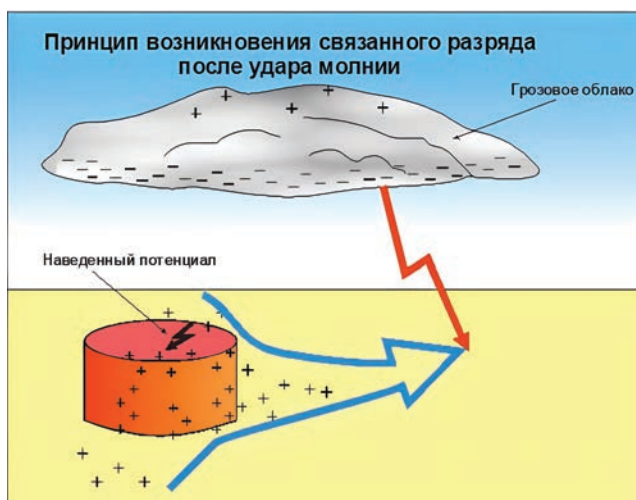


Рис. 4



Данное сравнение наглядно демонстрирует – вторичные воздействия, в особенности наведенный потенциал и последующая искровая дуга, образуют риск гораздо больший и более вероятный, чем прямое попадание молнии. Точнее это может быть выражено соотношением 1000:1. Из чего следует, что возникновение пожара из-за воздействия вторичных факторов в 1000 раз больше, чем от прямого попадания молнии. Однако, справедливо и то, что при прямом попадании молнии вероятность возникновения пожара также чрезмерно высока.

Для того чтобы понимать опасность, которую несет с собой наведенный потенциал и последующая искровая дуга, необходимо знать механизмы их формирования и причины возникновения пожара при вторичной дуге. Как показано на рис. 2 грозовое облако индуцирует электрический потенциал на всем, что находится под ним. Поскольку нефтепродукты обычно хранятся в металлических резервуарах, являющихся проводником, сами резервуары и все, что находится внутри них, принимают такой же потенциал заряда, как и окружающая земная поверхность. Здесь следует отметить, что земная поверхность обычно имеет отрицательный заряд, что связано с Ионосферой земли. При возникновении грозового элемента между ними индуцируется положительный потенциал емкостью гораздо выше, чем замещаемый отрицательный, как изображено на рисунке. Поэтому металлический резервуар имеет такой же потенциал, как и земля: положительный до грозового разряда и отрицательный после разряда.

Электростатический и электромагнитный импульс, как вторичные факторы, индуцируют высокие переходные напряжения в каких-либо проводниках, присутствующих внутри площади влияния грозы. Эти переходные напряжения будут причиной возникновения электрических дуг между проводами, металлическими трубами или иными токопроводящими конструкциями. И снова, в данном случае при возникновении дуги в «правильном» месте, будут являться причиной как возгорания, так и взрыва.

Защитное заземление

Существует мнение, имеющее место в нефтегазовой индустрии, о необходимости заземления стенок резервуара устанавливающее хороший контакт между защищаемым объектом и землей. Надежда на то, что если резервуарный парк «хорошо» заземлен, то заземление снимет потенциал со стенок объекта, нейтрализуя тем

самым последствия воздействия вторичных молниевых проявлений, является всего лишь фикцией. Так, попытка установить «лучшее» соединение резервуара с землей приведет только к тому, что объект быстрее примет наведенный потенциал, индуцированный грозой, и высвободит его в результате близкого разряда молнии.

Кроме того, следует отметить, что установка нескольких заземляющих электродов вблизи резервуара, расположенного на земле, является в большинстве случаев бесполезной тратой времени и средств. За исключением отдельных случаев, сама стенка резервуара уже обеспечивает наименьшее сопротивление с грунтом: ее площадь и относительная толщина создают превосходное соединение с земной поверхностью несмотря на то, что оно может происходить только с верхним почвенным слоем. В случае же, когда резервуар размещен на железобетонном фундаменте площадь его соприкосновения с землей будет еще больше.

Относительное удельное сопротивление железобетона примерно 5–8 Ом*м, что гораздо ниже сопротивления большинства грунтов.

Подводя итог возможно констатировать: какое-либо заземление непосредственно стенок резервуара не может оказать значительного влияния на величину наведенного потенциала и эффект искровой дуги так как не предусматривает пути для снятия электрического заряда со стенок резервуара.

Краткий обзор традиционных решений молниезащиты

Молниеприемная мачта (рис. 5) состоит из металлического или алюминиевого молниеприемника, соединяющего проводника и системы заземления. Она разработана для провоцирования удара молнии и отвода тока через проводник в землю. Такая защита достаточно эффективна, относительно экономична, но имеет ограниченный функционал. Кроме того, чем выше молниеприемная мачта, тем больше ее стоимость и площадь землеотвода для размещения.

«Клетка Фарадея» (рис. 6) представляет собой комбинацию нескольких решений. Она окружает защищаемое сооружение электропроводящим щитом, который препятствует прохождению электростатического неустановившегося поля вовнутрь этой области. Закрытый резервуар нефтехранилища является хорошим примером

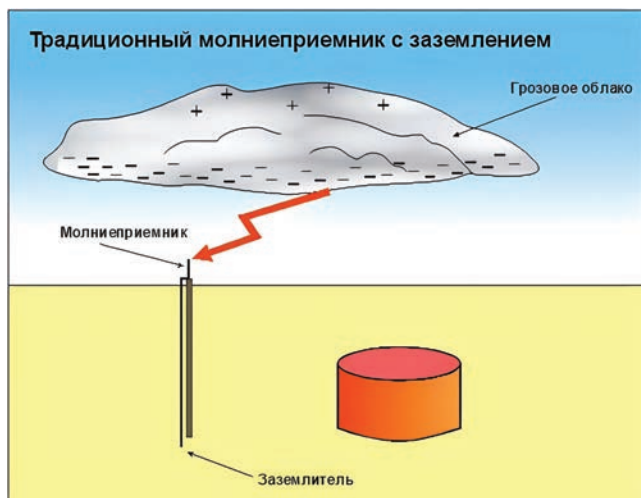


Рис. 5

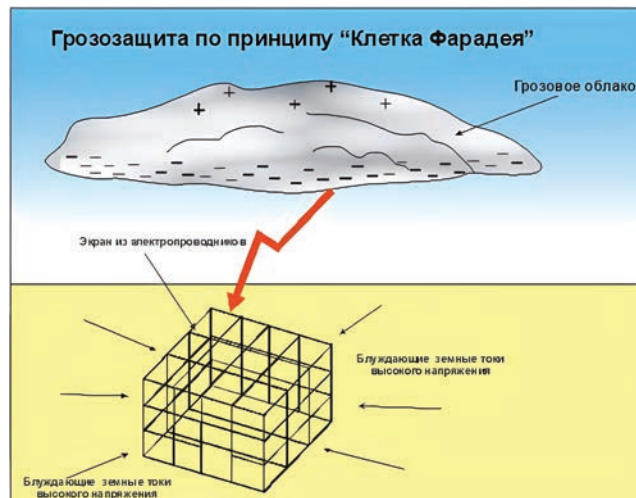


Рис. 6

«клетки Фарадея». Однако, он не оказывает влияние на формирование индуцируемого грозой потенциала на своей поверхности, поэтому является объектом риска воздействия связанного заряда.

Отвод канала грозового заряда от стенок защищаемого объекта на безопасное расстояние – действенная защита против возгорания.

Очевидное решение проблемы сводится к утверждению: «Нет молнии – нет пожара». Также справедливо, но менее очевидно: «Нет связанного заряда – нет пожара». Поэтому, основываясь на изучении и анализе мирового опыта специалистами Группы компаний «Бипрон» была разработана собственная система молниезащиты способная эффективно нейтрализовать прямой удар молнии и минимизировать влияние факторов ее вторичного воздействия, обеспечив тем самым надежную защиту.

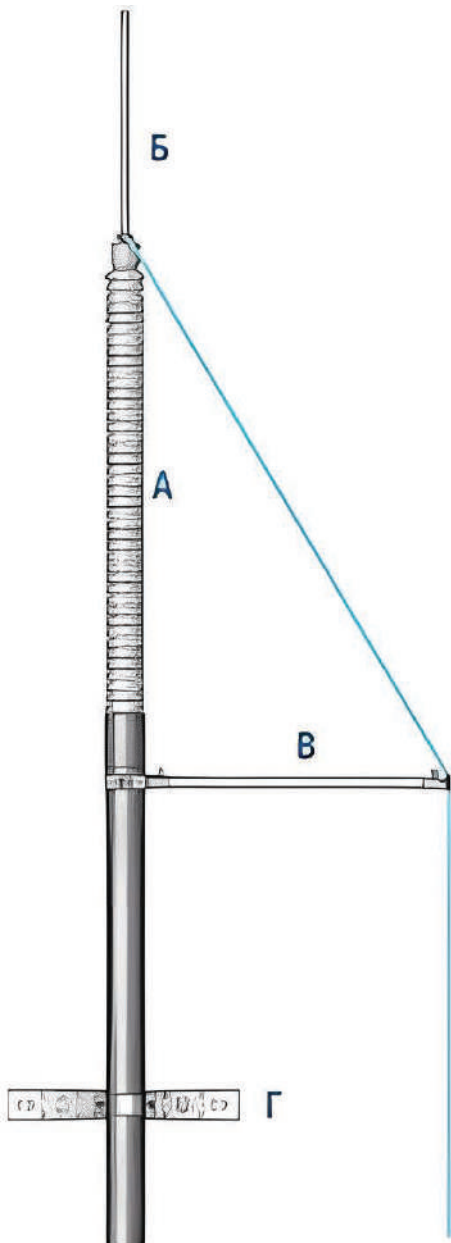


Рис. 7

Изолированный молниеприемник «Бипрон – МЗ-И» (рис. 7):

1. *Изолированный молниеприемник.*

Предполагает крепление молниеприемника с неизолированным токоотводом на специальных диэлектрических держателях А и В из усиленного композитного стеклопластика. В этом случае безопасное расстояние обеспечивается за счет изоляционных свойств стеклопластика. Во избежание образования ползучих разрядов по поверхности опорной трубки на нее нанесен особый слабопроводящий слой, имеющий омическую / нелинейную электропроводность. На одном из концов изолированная вставка имеет клеммный зажим под молниеприемник $\varnothing 16$ мм или токоотвод $\varnothing 7-10$ мм, на другом – крепежный элемент Г для монтажа в различных вариантах (например, на плоскую поверхность или трубостойку). Ток молнии через молниеприемник Б и соединительную головку распределяется по одному или нескольким изолированным токоотводам, которые безопасно отводят его в контур заземления.

2. *Заземляющее устройство (ЗУ).*

ЗУ из Электродов заземляющих комплектных (ЭЗК) «Бипрон» эффективно нейтрализует ток грозового разряда (импульсные токи).

Особое внимание: ЭЗК «Бипрон» являются единственным в России продуктом электролитического (активного, солевого, химического) заземления, имеющим с 2015 г. подтвержденные характеристики растекания импульсных токов (удара молнии), что предусмотрено нормативными требованиями¹.

3. *Соединительные кабели (прутки).*

Выполняют необходимую транспортную функцию между молниеприемником и ЗУ, обеспечивая наиболее эффективный путь для протекания заряда, так чтобы эту функцию не выполняли стенки цистерны или иного защищаемого сооружения.

Данная система молниезащиты и заземления может быть использована также и при строительстве любых современных промышленных зданий, где часто на крыше размещают различное техническое оборудование, такое как системы вентиляции и кондиционирования, антенные установки и др., через металлические части которых наведенные импульсы от грозовых разрядов могут заноситься внутрь сооружений.



БипронTM

ООО «Бипрон»

141591, МО, Солнечногорский р-н,
дер. Бережки, Промзона, стр. 26

тел. +7 (906) 722-25-50

e-mail: sales@bipron.com

www.bipron.com

¹ См. РАО «ЕЭС России», РД 153-34.0-20.525-00, Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок, п. 2.4.2.