

Исторические и современные аспекты развития отечественной молниезащиты

Ротанов Алексей Викторович

директор по развитию ООО «Электра»

Тел 952-139-83-83, avr@elektraek.ru

Введение

Опасность молнии и необходимость защиты от нее людям известна с древности. Если ещё в относительно недавние времена основной опасностью удара молнии были пожары и физические повреждения зданий, вызванные ее термическим и механическим воздействием, то развитие электронной техники и всеобщая цифровизация жизни закономерно ставят дополнительный вопрос защиты электронной аппаратуры от импульсных перенапряжений, вызванных воздействием молнии. Только за прошлый год на нашей планете зафиксировано более 2,1 млрд. (2,102,170,206) молниевых разрядов согласно отчету Национальной сети обнаружения молний США Vaisala «The Annual Lightning Report 2023»! Это – около 70 разрядов в секунду!

Согласно собранной ООО «Электра» статистике, за 10 лет (с 2014 по 2023 годы) в России произошло 7185 пожаров, причиной которых явился удар молнии (грозовой разряд), в которых погибло 27 человек и 80 человек было травмировано. Молнии ежегодно убивают людей и сельскохозяйственных животных по всему земному шару. Так, только за 2023 год в России от ударов молнии пострадало 20 человек, из которых погибло 9 и 11 получили травмы той или иной степени тяжести. Это в полтора раза меньше чем в 2022 году когда пострадало 30 человек (11 погибших и 19 травмированных) и в 2021 году - 34 (18 и 16 соответственно).

Наиболее эффективным способом борьбы с прямым ударом молнии и ее вторичными проявлениями, было и остается применение систем молниезащиты, назначение которых - переориентирование от защищаемого объекта и непосредственный прием удара молнии, отвод и рассеяние тока молнии в земле, а также меры по предупреждению прорыва тока молнии в объект и защита от импульсных перенапряжений.

Нормативы

История отечественной молниезащиты в России началась задолго до открытия Франклином в 1752 году электрической природы молнии и способа защиты от нее с помощью заземленного металлического стержня.

Самый старейший в мире, из известных сохранившихся, молниеприемник «Шар-Солнце» с 25 металлическими шипами находится в России, на вершине построенной в первой половине 18-го века знаменитой Невьянской башне в городе Невьянск Свердловской области (начало строительства -1721 год, окончание – 1725 год). То, что данный «Шар-Солнце» является молниеприемником, свидетельствует его заземление через внутренний металлический каркас здания.

Практически одновременно с годом открытия Франклином электрической природы молнии, в 1753 году Михаил Ломоносов писал о необходимости установки молниеприемников в своем «Слове о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих, предложенное от Михаила Ломоносова»

По истечении лет, с развитием науки, появлялись и совершенствовались нормативные документы по молниезащите. В настоящее время в Российской Федерации действуют множество как общегосударственных нормативов по молниезащите (ГОСТ Р серия 62305 и ГОСТ Р серия 62561, «Руководящие указания по расчету зон защиты стержневых и тросовых молниеотводов» РД 34.21.121-74, «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87 и «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153-34.21.122-2003), так и отраслевых: «Нормы по проектированию, устройству и эксплуатации объектов военной инфраструктуры» ВСП-22-02-07/МО, «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и коммуникаций ОАО «Газпром» СТО Газпром 2-1.11-170-2007, ГОСТ 58232-2018 «Объекты железнодорожной инфраструктуры. Комплексная защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Общие требования» (ОАО «РЖД»), с 01.05.2024 вводится в действие ГОСТ 35053-2023 для магистральных трубопроводов нефти и нефтепродуктов и другие. Зачастую эти документы противоречат друг другу и затрудняют проектирование систем молниезащиты объектов.

Из последних принятых нормативов по защите от молнии следует особо отметить введение в России стандарта ГОСТ Р 59789-2021 «Молниезащита. Часть 3. Защита зданий и сооружений от повреждений и защита людей и животных от электротравматизма», представляющего собой перевод на русский язык устаревшего стандарта IEC 62305-3-2010 более чем 10-летней давности.

Настоящим докладом не ставится цель обсуждения противоречий нормативных документов, - достаточно ознакомиться с докладами видных российских ученых на эту тему на Российских конференциях по молниезащите. Необходимо учесть, что еще в 2016 году по результатам проведения 5-й Российской конференции по молниезащите была отмечена насущная необходимость совершенствования нормативной базы по молниезащите на основе последних достижений науки. Тем не менее, мер принято не было.

Следует отметить, что в 2019-2020 годах ООО «Электра», предпринимались попытки начать (и профинансировать) работу по созданию нового ГОСТ «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» совместно с ЭНИН, с привлечением всех крупных российских специалистов, но дальше начала разработки Технического задания дело не продвинулось – ЭНИН отказался сотрудничать с другими учеными и ограничил свои возможности только разработкой Проекта ГОСТ.

Сложившаяся ситуация позволяет говорить о застое и даже деградации отечественной науки и нормативов по практической молниезащите: несмотря на продолжающееся финансирование и успехи проводимых российскими учеными исследований природы молнии, полученные результаты не получают отражения в общероссийских нормативах по защите от ударов молнии и ее воздействий. Конфигурации и расчетные формулы зон защиты повторяют нормативы 1977 года (СН 305-77). Более того, из современной Инструкции 2003 года, по непонятным причинам, удалены ранее используемые зоны защиты двойных разновысоких и многократных молниеотводов.

МОЭС

Еще хуже ситуация в России с нормативами по применению молниеприемников с опережающей эмиссией стримера (далее – МОЭС, название – от перевода английского названия «Early streamer emission lightning rod»), или активных молниеприемников (другое распространенное в России название – ESE-молниеприемники). Данный тип молниеприемников последнее время находит всё большее применение в мировой практике молниезащиты.

Принцип работы МОЭС заключается в опережающем (более раннем) инициировании восходящего лидера с вершины молниеприемника по сравнению с «классическим» стержневым молниеприемником такой же высоты, что обеспечивает перехват нисходящего лидера молнии на бóльшем расстоянии и бóльшую зону защиты.

Одним из первых в мире принцип работы МОЭС и итоги своих лабораторных исследований описал G.Berger в статье 1992 года [1]. Следует отметить, что под ESE-молниеприемниками G.Berger подразумевал «стержни, оснащенные электронным устройством, обеспечивающим более раннее инициирование и распространение восходящего лидера по сравнению с обычным стержневым молниеприемником той же геометрии путем подачи серии повторяющихся высоковольтных импульсов».

В 2014-2020 годах ООО «Электра» совместно с БелГИСС («Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации») была проведена работа по разработке и введению в России и странах бывшего СНГ межгосударственного стандарта ГОСТ 34696-2020 «Системы молниезащиты с опережающей эмиссией стримера. Технические требования и методы испытаний». Данный ГОСТ представляет собой перевод на русский язык стандарта Франции NFC 17-102 (редакция от сентября 2011 года).

При голосовании за принятие данного ГОСТ воздержались только две страны – Украина и Россия. При этом Украина воздержалась исключительно по причине текущей разработки собственного аналогичного стандарта (также на основе стандарта Франции NFC 17-102) COU NGA RAD 1515811.02:2021 «Система блискавкозахисту з випереджувальною стримерною емісією», который приняла в конце 2021 года.

К сожалению, реальность такова, что многие революционные решения в науке и технике не принимаются, а порой отвергаются адептами

устаревших традиций. Причина того проста – непонимание принципов работы, зашоренность и боязнь нового. Здесь уместным будет вспомнить фразу Базеляна Э.М. из статьи [2]: «Стало предельно ясным, насколько рискованно в науке предвзятое мнение и заранее ограниченный угол зрения, мешающий разглядеть то, что лежит перед глазами».

Из зарубежных ярких оппонентов технологии ESE-молниеприемников следует выделить Hartono Z. и Robiah I. – авторов многочисленных работ, в которых приведены фото-примеры прорыва молнии в зоны защиты как традиционных систем молниезащиты, так и МОЭС. В этих докладах, однако, помимо демонстрации фотографий, отсутствует анализ причин прорыва молнии в зону защиты молниеприемника: правильность проектирования, монтажа, количество и сечение токоотводов, состояние системы токоотводов и заземления и т.п.

Аргументы оппонентов МОЭС в России

Основные официальные причины непринятия ГОСТ 34696-2020 в России, изложены в «Экспертном заключении по проекту межгосударственного стандарта», где экспертами выступили члены рабочей группа ТК 81 МЭК «Молниезащита» (здесь и далее выделены курсивом):

1. Применение так называемых активных молниеотводов (МОЭС) не предусматривают ни общепризнанные стандарты МЭК, ни действующие Российские нормативные документы по молниезащите.

2. Эффективность МОЭС (в части зоны защиты) не подтвердилась при экспериментальной проверке ведущими международными и Российскими специалистами, что отражено в публикациях по данной теме. Результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что предлагаемые т.н. активные молниеотводы не способны ускорить развитие встречных лидеров на расстоянии в десятки метров и не обеспечивают расширенной зоны защиты.

3. Введение этого документа нарушит системность технического регулирования молниезащиты через стандарты ГОСТ, ГОСТР и др. В РФ он не снизит риск повреждений от молнии, а увеличит и внесет неразбериху в проектирование молниезащиты.

Комментарии к пунктам 1 и 3. Необходимость разработки межгосударственного стандарта ГОСТ МОЭС обусловлена именно отсутствием в стандартах МЭК и Российских нормативных документах положений о порядке применения МОЭС.

На сегодняшний день в России и странах бывшего СНГ активно ведется реклама, продажа и установка молниеприемников МОЭС различных производителей. Контроль за качеством указанных молниеприемников не организован ни на уровне государственных органов, ни на уровне иных структур. Зачастую данная продукция реализуется без сертификатов и протоколов испытаний, проектирование и монтаж этих устройств осуществляется при отсутствии нормативных документов, что подвергает

рisku поражения ударом молнии людей, зданий и сооружений, открытых территорий.

Введение соответствующего ГОСТ на территории России позволит организовать и упорядочить техническое регулирование молниезащиты с опережающей эмиссией стримера, организовать контроль за движением на территории страны систем молниезащиты с опережающей эмиссией стримера, отсеивая заведомо неработопригодные (не подтвержденные соответствующими документами) или поддельные продукты.

К пункту 2 добавим другие часто встречающиеся аргументы иных оппонентов МОЭС.

2.1 Учитываемая при расчете радиуса зоны защиты по стандарту NFC 17-102 скорость восходящего лидера от молниеприемника на порядок меньше указанной 10^6 м/с (п. 1.2 приложение А)[3].

Комментарий. Декларируемый радиус зоны защиты МОЭС прямо пропорционален времени опережения (основной параметр МОЭС), **не зависит от скорости восходящего лидера** и согласно стандарту NFC 17-102 (в действующей редакции 2011 года) определяется по следующей формуле:

$$\text{при } h \geq 5 \text{ м} \quad R_p = \sqrt{h \cdot (2 \cdot D - h) + L \cdot (2 \cdot D + L)} \quad (1)$$

$$\text{при } 2 \text{ м} \leq h < 5 \text{ м} \quad R_p = h \cdot \frac{R_p(5)}{5}, \quad (2)$$

где, R_p - радиус защиты МОЭС на высоте h , м;

h - высота монтажа, т.е. расстояние по вертикали между вершиной МОЭС и самой высокой точкой защищаемого объекта, м;

D – радиус фиктивной сферы по ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010, определяемый в зависимости от требуемой степени защиты от молнии, м:

$D=20$ м, уровень 1 защиты от молнии;

$D=30$ м, уровень 2 защиты от молнии;

$D=45$ м, уровень 3 защиты от молнии;

$D=60$ м, уровень 4 защиты от молнии;

L - длина восходящего лидера, м, определяемая по формуле 3:

$$L = \Delta T \cdot 10^6 \quad (3)$$

Примечание: Полевые эксперименты показали, что L (м/мкс) (численно - прим. автора) равно эффективности (т.е. времени опережения – прим. автора), полученной во время оценочных испытаний МОЭС.

ΔT – время опережения, мкс. Параметр ΔT указывается производителем для конкретной модели МОЭС и находится в диапазоне от 10 до 60 мкс.

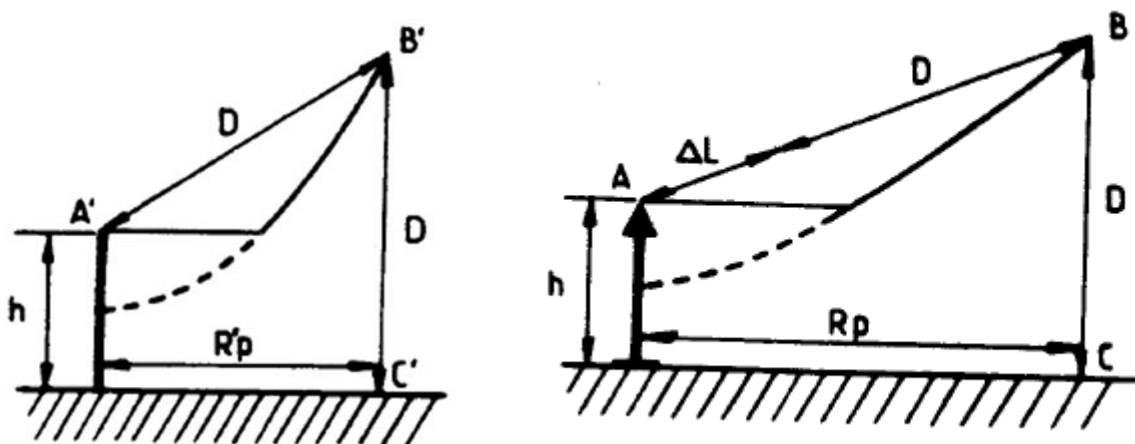


Рис. 1 К вопросу определения размеров зоны защиты, слева – стержневой молниеприемник, справа – МОЭС. R_p – радиус защиты

В более ранней (и уже не действующей) редакции этого стандарта 1995 года сказано (прил. А 1.2): «Des donnees experimentales recentes, provenant de la nature, montrent que les vitesses moyennes des traceurs ascendant et descendant sont comparables durant la phase d'attachement. Le rapport des vitesses v_a/v_d est proche de 1 (entre 0,9 et 1,1)». Перевод – «Последние экспериментальные данные, полученные в полевых условиях, показывают, что средние скорости восходящего и нисходящего лидеров на этапе прикрепления (в английском оригинале – «the attachment phase») сопоставимы. Соотношение скоростей близко к 1 (от 0,9 до 1,1)» и равно около 1м/мкс (там же – прим. автора).

Действительно, скорость восходящего лидера, по результатам сравнительно недавних испытаний [4], находится в пределах 10^5 м/с и ее среднее значение составляет $2,5 \cdot 10^5$ м/с.

НО! в стандарте NFC 17-102 говорится о скорости лидеров на этапе прикрепления, то есть в момент объединения стримерных зон нисходящего и восходящего лидеров молнии. Именно слияние стримерных зон нисходящего и восходящего лидеров обеспечивает разряд молнии в определенную точку. При этом скорость стримера на один-два порядка выше скорости лидера молнии и может достигать величин порядка 10^7 м/с.

О равенстве скоростей нисходящего и восходящего лидеров молнии в общей стримерной зоне и их величине порядка 10^6 м/с свидетельствуют как отечественные, так и зарубежные исследователи молниезащиты [5, 6, 7].

2.2 Для создания устойчивого восходящего лидера от молниеприемника необходимо **искусственно** создать электрическое поле перед вершиной молниеприемника напряженностью около 400 - 500 кВ/м, но размеры такого генератора физически не позволяют его размещение в объеме корпуса существующих разновидностей МОЭС.

Комментарий. В данном аргументе упускается из виду тот факт, что восходящий лидер всегда инициируется и развивается в поле грозового

облака **под воздействием** нисходящего лидера молнии с вершин классических стержневых молниеприемников, создающего требуемую напряженность электрического поля. Приведу цитату: «как правило, это условие (о создании электрического поля напряженностью около 400 - 500 кВ/м – прим. автора) выполняется автоматически ... за счет интенсивного усиления электрического поля в атмосфере зарядом приближающегося лидера нисходящей молнии» [8].

Создание на вершине МОЭС серии высоковольтных (порядка 10кВ) импульсов обеспечивает снижение диэлектрической прочности окружающего воздуха, а также периодическое появление и затухание коронного разряда и его переход в стримерную форму только при наступлении, но не ранее создания окружающих условий благоприятных для развития восходящего лидера.

2.3 Кратковременный мощный управляющий импульс на вершине молниеприемника приводит к экранированию вершины внесенным объемным зарядом и прекращению формирования лидера. МОЭС тормозят развитие восходящего лидера и снижают вероятность ориентировки молнии к молниеприемнику.

Комментарий. По словам Базеляна Э.М., задачей данного эксперимента «полувековой давности» [9] было изучение возможности торможения лидера с целью увеличения электрической прочности изоляционного воздушного промежутка. Здесь же приведено описание данного эксперимента: «Заземленный стержень высотой 3 м стоял на плоском металлическом полу лаборатории, образуя разрядный промежуток длиной 2 м. **На верхнюю плоскость** подавалось высокое импульсное напряжение с фронтом около 200 мкс, а **также** короткий управляющий импульс». Далее указано, что «наброс управляющего импульса производился уже **во время лидерной стадии** процесса (t_1 на рис. 14).».

Осциллограммы данного эксперимента и его описание показали:

1. Короткий управляющий импульс следовало подавать не на верхнюю плоскость, имитирующую электрическое поле атмосферы созданное грозовым облаком и нисходящим лидером молнии, а на заземленный стержень.

2. Управляющий импульс подавался уже **во время** развития восходящего лидера, в то время как работа МОЭ предполагает подачу управляющих импульсов на вершину молниеприемника **до** возникновения стримеров, т.е. **значительно раньше** появления восходящего лидера.

Достаточно странно, что итог непонимания основных принципов работы МОЭС и неверная трактовка результатов указанного эксперимента оказался отраженным в обзоре «Российские исследования в области атмосферного электричества в 2019-2022 гг.» [10] как один из наиболее значимых результатов работ российских ученых в области исследований атмосферного электричества, раздел «Физика молнии», в 2019 - 2022 годах. Цитирую: «Экспериментально доказано, что последствиями воздействия

таких импульсов является задержка формирования контрлидера, а не его стимуляция. Установлена причина снижения эффективности громоотводов раннего стержневого инициирования по сравнению с традиционными такой же высоты».

2.4 Использование МОЭС увеличит площадь стягивания ударов молнии за счет увеличения его «эффективной высоты» на длину восходящего лидера (около 60 метров), по сравнению с традиционным стержневым молниеприемником.

Комментарий. Совершенно не принимается во внимание наличие и размеры (сравнимые с высотой молниеприемника [11]) восходящего лидера от классического стержневого молниеприемника. К сожалению, в действующих в настоящее время нормативных документах по «классической» молниезащите длина восходящего лидера от молниеприемника не учтена.

Умалчивается и то, что аналогичная площадь стягивания ударов молнии будет у защищаемых **одним** МОЭС нескольких объектов, - на рис. 2 приведен упрощенно комплекс зданий производственного участка (размеры приближены к типовым для упрощения просчета): основное (в центре) здание – 50х180 метров высотой 30 метров и два вспомогательных здания размерами 50х90 метров высотой 30 метров, ширина дорог – 10 метров. Радиус защиты принят равным 97 метров (молниеприемник Forend EU с $\Delta T=60$ мкс, расположен на высоте 5 метров по центру основного здания) соответствующему классу защиты 3 (типовой для производственных зданий).

В то же время, рассчитанный по защитному углу стандарта ГОСТ Р 59789-2021 для стержневого молниеприемника той же высоты (высота мачты + высота корпуса МОЭС = 6,5 м) радиус зоны защиты составит всего 15,3 м.

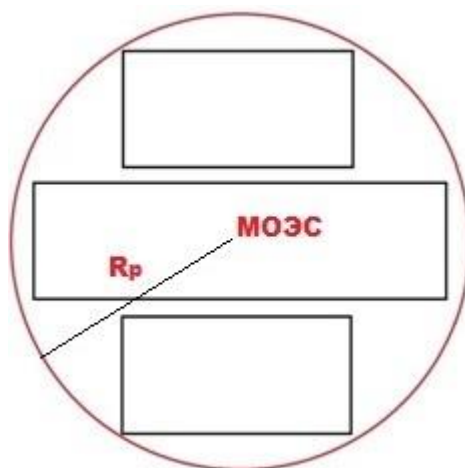


Рис. 2 Зона защиты одного МОЭС, установленного в середине центрального здания, R_p – радиус защиты

Легко просчитать, что при таких размерах площадь стягивания незащищенных зданий будет равна около $0,11 \text{ км}^2$ и будет увеличиваться с

высотой защищаемых сооружений, а площадь стягивания одного МОЭС с 60-метровым восходящим лидером составит $0,26 \text{ км}^2$. Как видим, площади стягивания комплекса зданий и одного МОЭС сравнимы. Кроме того, попытка защитить здания в приведенном примере (см. рис. 3) классическими стержневыми молниеприемниками (например, по углам и внешнему периметру зданий) также увеличит их высоту и итоговую площадь стягивания.

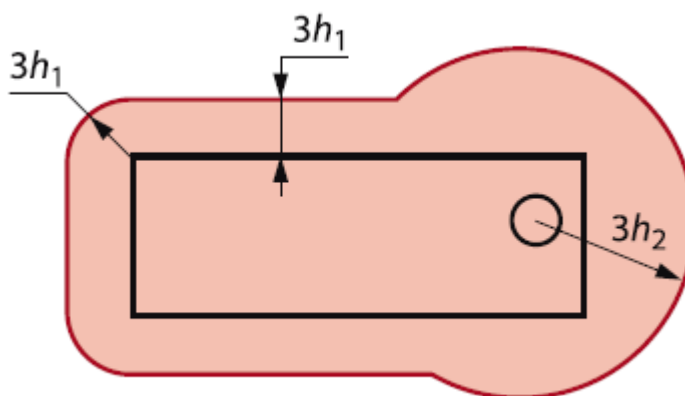


Рис. 3 Площадь стягивания разновысотного объекта, из [12]

2.5 Многие ученые с мировым именем в качестве доказательства неработоспособности МОЭС в полевых условиях приводят результаты 7-летнего эксперимента в горах Нью-Мексико в конце прошлого века [13]. Кроме классических стержневых молниеприемников с различными конфигурациями острия, в данном эксперименте участвовали 2 активных молниеприемника, один из которых - с радиоактивным источником (ныне запрещены к применению). По результатам эксперимента, ударов молнии в ESE зарегистрировано не было.

Комментарий. Не исключено, что причиной такого результата было не соблюдение требований стандарта Франции NFC 17-102 (все молниеприемники находились на одинаковой высоте при расстоянии между ними около 6 метров).

2.6 В результате экспериментальных исследований не выявлено очевидного преимущества активных молниеприемников перед «пассивными». Учитывая, что активные молниеприемники типа «Forend-EU», «Pulsar», «Prevectron» работают на том же принципе, что и M-200, следует ожидать отсутствие их преимущества перед пассивными молниеотводами [14].

Комментарий. Принципы работы отечественного молниеприемника M-200 производства компании «Космос-Нефть-Газ» (г. Воронеж) и прочих из перечисленных МОЭС различны. В то время как молниеприемник M-200 действительно, формирует одиночный высоковольтный импульс с амплитудой более 200 кВ, другие МОЭС вырабатывают последовательность импульсов меньшей амплитуды. Тем не менее, работоспособность

молниеприемника М-200 в результате проведенных испытаний была подтверждена, «количество разрядов в активный и пассивный молниеотводы разделились примерно поровну» [14].

Эффективность

Вывод именно этого ученого об отсутствии преимуществ активных молниеприемников перед пассивными вызывает, мягко говоря, удивление в связи с тем, что согласно протоколу № 1 проведенных в августе 2005 года испытаний эффективности молниеотвода М-200 **вероятность попадания электрического разряда в активный молниеотвод М-200 составила 80%, а в пассивный молниеотвод 20%**. Протокол подписан руководителем Испытательного центра НИЦ 26 ЦНИИ В.М. Куприенко. Повторными испытаниями молниеотвода М-200 в июне 2012 года было засвидетельствовано «отсутствие попадания разрядов в объект с вероятностью $P=0,99$ ». Протокол испытаний подписан руководителем ИЦ ОАО «26 ЦНИИ» В.М. Куприенко.

Следует отметить, что на сайте компании «Космос-Нефть-Газ» Куприенко В. М. несколько лет был указан как дилер данного изделия по Ленинградской области. Это ли не самое лучшее доказательство эффективности МОЭС!

Несколькими годами ранее по результатам испытаний молниеприемника М - 200 в ГУП ОЭП ВНИЦ ВЭИ в феврале 2002 года, было также подтверждено, что «представленная конструкция молниеотвода М200 способна выполнять функции молниеприемника более эффективно чем традиционный молниеотвод».

Факт существования конструкций ESE молниеприемников, которые «обеспечивают более быстрое время пробоя воздушного промежутка, то есть фактически, уменьшают пробивную прочность это промежутка» доказаны и экспериментальными исследованиями проведенными в лабораторных условиях в НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» [15].

Наиболее показательна эффективность систем молниезащиты с использованием МОЭС на примере Малайзии, страны с высокой грозовой активностью. В 2016 году энергетическая комиссия Малайзии провела исследование 419 зданий различного назначения в 6 федеральных штатах Малайзии. Из них 370 зданий (88%) были оборудованы системами молниезащиты: традиционной – 306 зданий (83%) и с использованием МОЭС (ESE-молниеприемников) – 64 здания (17%). Исследование показало, что из 306 зданий, оборудованных системами традиционной молниезащиты, от удара молнии пострадало 22 здания (7,2%), при этом из 64 зданий, оборудованных ESE-молниеприемниками, от удара молнии пострадало всего 3 здания (4,7%) [16].

Положительные отзывы о функционировании МОЭС в Джакарте, Индонезия отражены в [17]: системы молниезащиты с использованием МОЭС, спроектированные и установленные в соответствии с стандартом

NFC 17-102, в течение последних 7 лет успешно защищают около 250 зданий/территорий.

Эффективность использования МОЭС подтверждена пятилетним исследованием работы систем МОЭС на солнечной электростанции в Таиланде [18]. Помимо подтверждения эффективности, в обзоре по данному исследованию отражено, что затраты на установку системы молниезащиты МОЭС оказались меньше, чем у «классической» системы молниезащиты, в 4,45 раза.

Надежность защиты от удара молнии демонстрирует и французский МОЭС «Satelit 3» компании «Duval Messien» установленный на шпилье Бурдж Халифа (Дубай, ОАЭ) – высочайшего в мире здания высотой 828 метров.

А чего стоит только одна, опубликованная в середине 2021 года, новость про факт регистрации 68 ударов молнии в один ESE-молниеприемник Prevelectron2 французской компании Indelec, установленный в Сенегале в 2004 году!! При этом не допущено ни одного повреждения здания [19].

Эффективность работы установленных в России на различных объектах молниеприемников МОЭС разных производителей подтверждена имеющимися у ООО «Электра» отзывами от таких эксплуатирующих организаций, как ООО «ЭМУ-2» г. Екатеринбург, ООО «РК «Оборонснабсбыт» г. Екатеринбург, ООО «НЛМК-Метиз» г. Березовский Свердловской области, ООО «СтройМаксимум» г. Санкт-Петербург, ООО «СибЭС» г. Сургут, ОАО «Воронежоблгаз» г. Воронеж и других.

Помимо МОЭС отечественной разработки, на рынке России представлены ESE-молниеприемники различных производителей (ABB, Forend, Indelec, Gromostar, Schirtec, и ряд других). На сегодняшний день молниеприемники компании «Forend Elektrik A.S» – единственные в России, применение которых на территории Российской Федерации согласовано Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор РФ) (от 27.11.2008 № 10-05/2805). Данный документ подписан заместителем начальника Управления государственного энергетического надзора Цапенко А.В., который является одним из соавторов российских нормативов по молниезащите РД 34.21.122-87 и СО 153-34.12.122-2003.

Вывод

Молниеприемники МОЭС по всей планете с успехом защищают жизнь и здоровье людей, а также различные объекты. Работы по совершенствованию данной технологии продолжаются. Разрабатываются новые модели, включающие в себя детекторы грозовой активности, системы дистанционного обмена информацией с выходом в глобальную информационную сеть и т.п., опубликовано множество патентов на варианты схемотехнических решений данного устройства.

В 2021 году ООО «Электра» получило патент № RU207209 на полезную модель «Молниеприемник с опережающей эмиссией стримера с

расширенными функциональными возможностями». Данная модель способна к регистрации факта удара молнии, последующему самостоятельному или дистанционному (по запросу) тестированию и передаче информации на центральный пульт (сервер) посредством использования технологий «Интернета вещей». При этом авторизованному пользователю (владельцу объекта) информация доступна из любой точки мира. В настоящее время решается вопрос о начале производства данной модели на предприятии в Турции.

Применение систем молниезащиты с использованием МОЭС на территории России позволит стимулировать развитие и применение современных методов защиты от прямого удара молнии. Кроме того, использование МОЭС снизит себестоимость строительства систем молниезащиты объекта, по сравнению с традиционной молниезащитой, за счет большего размера защищаемой области. Но их применение, как и в случае с «классическими» молниеприемниками, должно регламентироваться требованиями нормативных документов.

До введения в России межгосударственного стандарта ГОСТ 34696-2020, определяющего порядок применения указанных систем, ООО «Электра» была подготовлена "Инструкция по защите от прямого удара молнии зданий, сооружений и открытых территорий системами с опережающей эмиссией стримера. Проектирование, монтаж, эксплуатация и техническое обслуживание". Данная "Инструкция..." согласована с ФБГУ «РЭА» Минэнерго России, получено заключение от 22.09.2020 № 46 о возможности применения данного документа на территории Российской Федерации.

Кроме того, на территории России (в Свердловской области) действуют технические регламенты на данный вид продукции: введенные в действие постановлением Правительства Свердловской области от 14.04.2008 № 336-ПП территориальные градостроительные нормы ТГН 34.21-301-2008 «Молниезащита зданий, сооружений, открытых площадок и промышленных коммуникаций системами с упреждающей стримерной эмиссией. Технические требования. Проектирование, технология устройства и техническая эксплуатация», а также Стандарт НП СРО «Союз Стройиндустрии Свердловской области» СТО 083-004-2010 «Молниезащита зданий, сооружений, открытых площадок и промышленных коммуникаций системами с упреждающей стримерной эмиссией. Технические требования, проектирование, технология устройства и техническая эксплуатация»,

Безусловно, молниеприемники МОЭС не смогут полностью заменить традиционные, проверенные сотней лет, стержневые и тросовые молниеприемники. Оба продукта должны сосуществовать одновременно, и применение того или иного должно обуславливаться, прежде всего, целесообразностью затрат на защиту от риска прямого удара молнии и его последствий.

Использованные источники

1. Berger G. The early streamer emission lightning rod conductor. Laboratory simulation of the connecting discharge from a lightning rod conductor // 15th International Aerospace and Ground Conference on Lightning and Static Electricity, USA, 1992. с 38-1 – 38-9 URL: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=pst.000026290959&view=1up&seq=274>.
2. Базелян Э. Простая история из истории молниезащиты. // Энергия: экономика, техника, экология. 2019. № 8. С. 53 – 58.
3. Корявин А.Р. и др. К вопросу об эффективности действия активных молниеотводов. // Электротехника. 2004. № 2. С. 2-6.
4. Saba M. et al. Upward leaders from instrumented lightning rods competing to connect a downward leader during a lightning attachment process // URL: <https://doi.org/10.1029/2022JD038082>.
5. Мареев Е.А. и др. Российские исследования в области атмосферного электричества в 2015–2018 годах // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. т. 55(6), 2019. с. 79 – 93 (с. 83)
6. Kostinskiy A. Observations of the connection of positive and negative leaders in meter-scale electric discharges generated by clouds of negatively charged water droplets // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2016. pp. 9756-9766.
7. Tran M., Rakov V. A study of the ground-attachment process in natural lightning with emphasis on its breakthrough phase // URL: https://www.nature.com/articles/s41598-017-14842-7_pp_1-13.
8. Базелян Э. Механизм ориентировки и параметры молнии в молниезащите // Физика плазмы, т. 45 № 3. 2019, с. 274-286.
9. Базелян Э. Активны ли активные молниеотводы? Испытания эффективности активных молниеотводов // https://zandz.com/ru/biblioteka/statya3/ispytaniya_effektivnosti_aktivnykh_molniyeotvodov/.
10. Мареев Е.А. и др. Российские исследования в области атмосферного электричества в 2019 - 2022 гг. // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2023. Том 59 № 7. с. 1021 - 1033 (на стр. 1027).
11. Базелян Э. и др. Физика молнии и молниезащиты // М.: Физматлит, 2001, 320 с.
12. Базелян Э. Практика молниезащиты. Частота прямых ударов молнии // Новости Электротехники. 2010. № 3 (63). С. 50 – 51.
13. Moore C. et al. Measurements of Lightning Rod Responses to Nearby Strikes // Geophysical Research Letters. 2000. v.27. № 10. pp. 1487-1490.
14. Куприенко В. и др. Методика и результаты испытаний защитного действия активного молниеотвода // Сборник докладов 4-й международной конференции по молниезащите. Спб. Из-во Политехнического университета. 2014. С. 214 – 222.
15. Князев В. и др. Результаты исследования параметров активных молниеприемников и рассеивателей // Вестник НТУ ХПИ. Тем. вып. «Техника и электрофизика высоких напряжений». 2008. Вып. 21. С. 78 – 87.
16. Ir. Abd. Mokhti Bin Salleh «Kajian penggunaan alat penangkap kilat di bangunan-bangunan di Malaysia 2016», https://www.st.gov.my/contents/files/download/160/Kajian_Penggunaan_Alut_Penangkap_Kilat.pdf.
17. Koko A. et al. Lightning protection according NFC 17-102 // International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 10, Issue 1, January 2019. pp 1312 – 1317.
18. Kongnok R. Et al. Five-Year Performance of an ESE Lightning Protection System for a Large Scale PV Power Plant in Thailand. <https://doi.org/10.3390/sym13112106>.
19. Since 2004, 68 lightning discharges recorded in Senegal. URL: <https://indelec.com/en/since-2004-68-lightning-discharges-recorded-in-senegal/>.