

УДК 614.843.8

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
МОЛНИЕЗАЩИТЫ СКЛАДОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ****А.Н. СКРИПКО***(Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Минск)*

Рассматривается проблема пожароопасной обстановки на складах нефтепродуктов при воздействии на них грозových проявлений. Анализируются обстоятельства, повлекшие возникновение крупных пожаров от ударов молнии. Приведены результаты изучения фактического состояния дел по обеспечению молниезащиты. Установлены основные причины, негативно влияющие на ее работоспособность. Приведены результаты теоретических исследований по обоснованию элементов молниезащиты, устойчивости объекта к возникновению пожаров от грозových проявлений, прогнозированию эффективности функционирования молниеотвода. Обоснованы параметры зоны защиты молниеотвода с учетом его отклонений от оси защиты. Разработано инженерно-техническое решение конструкции молниеотвода, техническим результатом которого стала минимизация отклонений от его вертикальной оси. Предложен универсальный графический метод нахождения зоны защиты молниеотводов различных высот и уровней молниезащиты.

Ключевые слова: удар молнии, молниезащита, склады нефтепродуктов, пожар, производственная безопасность.

Введение. За период наблюдений с 2001 по 2015 год в Республике Беларусь от ударов молнии в здания и сооружения произошло более 2800 случаев пожаров, непосредственно от прямых ударов молнии – 2601 пожар. Среди наиболее пожароопасных месяцев за грозových периоды определены летние – июнь, июль и август. На их долю пришлось более 80,0% от общего количества пожаров от грозových проявлений за указанный период времени. В Беларуси имеются районы с максимальным поражением молнией наземных объектов. К таким местам относятся: Столинский, Кобринский, Пинский и Березовский районы Брестской области; Гродненский, Щучинский и Лидский районы Гродненской области; Минский и Пуховичский районы Минской области.

Определяя пожарную опасность складов нефтепродуктов, отметим, что за указанный период времени на территории республики имели место 11 пожаров от ударов молнии. Существующая нормативная база отражает решение далеко не всех вопросов обеспечения пожарной безопасности складов нефтепродуктов при воздействии на них грозových проявлений. Отсутствие в действующем техническом нормативно-правовом акте республики [1] научно обоснованных принципов молниезащиты создает ряд трудностей при определении эффективности защиты от молнии и служит основой для разработки действенных мер и средств в области охраны труда и пожарной безопасности. В этой связи исследования по оптимизации молниезащиты складов нефтепродуктов в целях снижения влияния грозových проявлений, создания безопасных условий эксплуатации зданий и сооружений являются актуальными.

Основная часть. Наиболее ярким примером пожара на складе нефтепродуктов послужил случай, произошедший 3 мая 2008 года на территории нефтебазы РУП «Белоруснефть-Брестоблнефтепродукт» концерна «Белнефтехим», где причиной пожара стал прямой удар молнии в резервуар. Прямой удар молнии попал в 6-миллиметровую стальную стенку резервуара, в котором находилось около 1000 м³ бензина АИ-92 – легковоспламеняющейся жидкости. Силой ударной волны крышу резервуара разрушило и повредило находящийся рядом другой резервуар. Молниезащита нефтебазы была выполнена по II категории согласно действующей на тот момент времени Инструкции [2]. Молниеотводы были установлены по периметру резервуаров и находились в исправном состоянии, о чем свидетельствует технический отчет по результатам электрофизических измерений, выполненный в 2007 году УП «Брестпромналадка». В результате пожара были причинены значительные убытки нефтебазе, нанесен экологический ущерб. Обстоятельство пожара, произошедшего 12 июля 2010 года на территории парка светлых нефтепродуктов ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод» концерна «Белнефтехим» в г. Мозыре, указывает, что условием возникновения пожара от удара молнии может послужить наличие взрывоопасных концентраций паровоздушных смесей, образующихся непосредственно у средства молниезащиты над поверхностью резервуара, у газоуравнительной системы и дыхательных клапанов. При этом инициатором воспламенения опасных концентраций паровоздушных взрывоопасных смесей может быть незавершенный искровой электрический разряд молнии [3]. Другие случаи пожаров на складах нефтепродуктов от ударов молнии связаны с нарушениями эксплуатации молниезащиты.

Следует отметить, что в республике проводился анализ условий эксплуатации молниезащиты. В ходе установления причин пожаров и изучения фактического состояния дел по обеспечению молниезащитой обследовано более 4000 зданий и сооружений. В результате этого на объектах хранения нефтепродуктов органами государственного пожарного надзора предложено к исполнению 3407 мероприятий по приведению молниезащиты в соответствие с нормативными требованиями [4]. Большая часть нарушений, связанных с молниезащитой, вызвана конструктивным недостатком стержневых молниеотводов. Стержневые молниеотводы имеют подавляющее распространение по причине простоты изготовления и монтажа, обеспечения зоны защиты. Вместе с этим отсутствие внедрения в нормативную базу усовершенствованных технических решений стержневых молниеотводов, рекомендаций по их применению сегодня ухудшает производственную безопасность складов нефтепродуктов.

Основные принципы молниезащиты, в том числе складов нефтепродуктов, были разработаны еще в 40-х годах прошлого века [5–6] путем проведения специалистами Энергетического института им. Г.М. Кржижановского (ЭНИН) высоковольтных экспериментов со стержневыми молниеотводами в полевых условиях. Результатами научной деятельности ЭНИН сформировано теоретическое представление защитного действия молниеотвода, определены приближенные очертания и размеры зон их защиты. Обосновано, что наибольшие напряженности электрического поля создаются на пути между развивающимся лидером и вершиной молниеотводов, что предопределяет удар молнии в молниеотвод. Объект, более низкий, чем молниеотвод, считается защищенным встречным лидером от молниеотвода. Вместе с этим объективность применения результатов исследований ЭНИН ограничена экстраполяцией результатов экспериментов на реальные средства молниезащиты. Принципы по формированию зоны защиты ориентированы на некоторый усредненный разряд молнии, полученный в лабораторных условиях, поэтому экспериментальные сведения о размерах и форме зоны защиты имеют до некоторой степени условный характер, а гармоничная теория ориентировки молнии к объекту, расположенному на земле, до сих пор отсутствует.

Вопросами безопасности работников, защиты объектов от воздействия грозových проявлений на наземные здания и сооружения в разное время активно занимались Э.М. Базелян, Ю.П. Райдер, В.М. Куприенко, Р.Н. Карякин и другие [7–9]. Однако объектом их исследований было поведение лидера молнии относительно молниеотвода. При этом не рассматривалась взаимозависимость в системе «молниеотвод – производственная среда – объект защиты» с учетом особенностей объекта защиты, конструктивных особенностей средства защиты.

Для организации и проведения исследований по совершенствованию молниезащиты складов нефтепродуктов использовались системно-структурный анализ, методы планирования эксперимента и математической статистики, методики и прикладные программы Mathcad Statistica, Microsoft Office Excel, фото- и видеоаппаратура.

На основании анализа пожаров и фактического состояния дел по обеспечению молниезащитой зданий и сооружений установлено, что безопасное функционирование объекта во время грозových проявлений зависит от большого количества факторов различной природы. В связи с чем путем постановки отсеивающих экспериментов с использованием плана Плакетта – Бермана на первом этапе исследований были установлены наиболее существенные факторы, влияющие на устойчивость объекта (Y) к возникновению пожаров от ударов молнии [10]. В результате обработки данных методами математической статистики получено адекватное уравнение регрессии первого порядка:

$$Y = \begin{cases} 0,969 + 0,013X_1 + 0,007X_2, & \text{если } X_3 = +1; \\ 0,947 + 0,013X_1 + 0,007X_2, & \text{если } X_3 = -1. \end{cases} \quad (1)$$

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

- молниеотвод, стоящий отдельно от защищаемого объекта ($X_3 = +1$), эффективнее, чем молниеотвод, расположенный непосредственно на объекте ($X_3 = -1$);

- максимальная устойчивость объекта от поражения молнией ($\approx 99\%$) достигается в том случае, если объект выполнен из негорючих и трудно горючих строительных конструкций ($X_1 = +1$), а его высота не превышает 5 м ($X_2 = +1$).

На втором этапе исследований была поставлена задача – разработать математическую модель, которая позволяла бы прогнозировать эффективность функционирования молниеотвода. В результате установлены факторы, влияющие на эффективность функционирования молниеотвода, обоснованы уровни и интервалы варьирования факторов (таблица). Прогнозирование эффективности молниеотвода описано трехфакторным неполным квадратным уравнением регрессии в нормированных значениях факторов:

$$Y = 0,786 + 0,098 \cdot X_1 + 0,060 \cdot X_2 + 0,030 \cdot X_3, \quad (2)$$

Максимальное значение параметра Y , равное $0,974 \pm 0,011$, достигается при $X_1 = 1$, $X_2 = 1$, $X_3 = 1$.

Перевод нормированных значений факторов в натуральные осуществляется по формулам, приведенным в таблице.

Таблица – Факторы, уровни и интервалы их варьирования, влияющие на эффективность молниеотвода

Факторы	Коэффициент защиты молниеотвода K_3	Коэффициент сопротивления заземлителя $K_с$, м/Ом	Площадь сечения молниеотвода d_m , мм
Основной уровень, x_{r0}	0,96	6,7	30
Интервал варьирования, Δx_r	0,4	4,8	20
Верхний уровень, $X_r = +1$	1,36	11,5	50
Нижний уровень, $X_r = -1$	0,56	1,9	10
Формулы перевода натуральных значений факторов в нормированные и обратно	$X_1 = \frac{x_1 - 0,96}{0,4}$ $x_1 = 0,96 + 0,4 \cdot X_1$	$X_2 = \frac{x_2 - 6,7}{4,8}$ $x_2 = 6,7 + 4,8 \cdot X_2$	$X_3 = \frac{x_3 - 30}{20}$ $x_3 = 30 + 20 \cdot X_3$

Установлено, что объем зоны защиты, образованной молниеотводом, должен иметь некоторую избыточность по отношению к объему объекта защиты. Наилучший прием молнии обеспечивается, когда молниеприемник имеет площадь сечения не менее 50 мм². Сопротивление заземлителя молниеотвода по отношению к его конфигурации определяется с учетом требуемых условий по растеканию тока молнии в земле. Определены взаимосвязь и взаимовлияние элементов системы «молниеотвод – производственная среда – объект защиты» (рис. 1) в зависимости от месторасположения «объекта защиты» и архитектурных его особенностей.



Рисунок 1. – Взаимосвязь и взаимовлияние элементов системы «молниеотвод – производственная среда – объект защиты»

Обоснованы следующие защитные параметры молниеотвода:

- высота молниеотвода (H_m):

$$H_m = \frac{2\sqrt{2,36 \cdot H_{o.z}} \cdot \cos \beta - 1,5104 \cdot H_{o.z}}{2(1 - \sqrt{2,36 \cdot \cos \beta})}, \quad (3)$$

где $H_{o.z}$ – высота объекта защиты, м; β – угол защиты, образованный высотой молниеотвода и наклонной линией, образованной крайними точкам зоны защиты молниеотвода, град.

Радиус зоны защиты молниеотвода (R_3) равен

$$R_3 = 1,36 \cdot H_{0,3}. \quad (4)$$

Обосновано сечение проводника (d_n):

$$d_n = \sqrt{\frac{\rho \cdot W_{y\partial}}{t \cdot c \cdot \gamma}}, \quad (5)$$

где ρ – удельное сопротивление, Ом·м; $W_{y\partial}$ – удельная энергия импульса тока молнии, Дж/Ом; t – допустимая температура нагрева проводника, °С; c – теплоемкость материала проводника Дж/(кг·°С); γ – удельная плотность проводника, кг/м³.

Исследованиями установлено, что в меньшей степени на работоспособность молниезащиты влияет устройство заземления. Сопротивление заземлителя молниеотвода по отношению к его конфигурации определяется с учетом требуемых условий по растеканию тока молнии в земле. Для заземлителя как элемента «производственная среда» установлено, что количество вертикальных электродов заземлителя (N_6), необходимых для обеспечения надежного заземления, определяется по формуле

$$N_6 = \frac{0,03128 \cdot k_1 \cdot \rho \cdot \left(\lg 24,6316 \frac{R_n}{d} + \frac{1}{2} \lg \left(\frac{4t - 11,7R_n}{4t + 11,7R_n} \right) \right)}{R_n^2 \cdot \eta_6}, \quad (6)$$

где k_1 – климатический коэффициент для вертикальных электродов; ρ – удельный расчетный коэффициент сопротивления двухслойного грунта, Ом·м; R_n – нормируемое сопротивление заземлителя, Ом; d – диаметр стержня заземлителя, м; t – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м; η_6 – коэффициент использования вертикальных заземлителей.

По заданной длине вертикальных электродов заземлителя и установленному их количеству (формула (6)), рассчитывается длина горизонтального заземлителя (L_6):

$$L_6 = 11,5 \cdot R_n - L_6 \cdot N_6, \quad (7)$$

где L_6 – длина вертикальных электродов заземлителя, м (устанавливается по справочным данным).

В процессе эксплуатации молниеотводы испытывают различного рода деформации, вызываемые конструктивными их особенностями, природными условиями и деятельностью человека. При проектировании молниеотводы просчитываются на ветровые нагрузки по методике [11], вместе с этим рассчитать отклонения сооружений в зависимости от их высоты не представляется возможным. Принято считать, что установленные проектом величины зон защиты являются постоянными. На практике происходит обратное – средства молниезащиты отклоняются от установленных проектом осей защиты, падают.

В целях установления предельных значений отклонений молниеотводов проведены натурные наблюдения. Для определения периодичности наблюдений, способов фиксации и методов обработки полученных результатов, связанных с отклонениями молниеотводов, имеющих высоту 1; 3; 5; 7,5 и 10 метров, использовалась разработанная методика. Наблюдения осуществлялись при помощи фотосъемки и с использованием инструментального метода. В случаях падения, нарушения целостности токопровода молниеотвода наблюдения прекращались. После атмосферных осадков, прохождения грозового фронта проводились внеплановые наблюдения. По результатам наблюдений оформлялась ведомость отметок соответствующих «наклонов» и «перекосов», составлялись пространственно-временные графики.

В результате проведенной работы установлено, что в процессе эксплуатации изменяются зоны защиты молниеотводов, отчего снижается эффективность защиты от прямого удара молнии, происходят пожары. Данные наблюдений за отклонениями позволили определить предельные величины отклонений, зависимости отклонений молниеотводов относительно высоты и периода наблюдений (рис. 2). Зависимость отклонений молниеотводов от их высоты, когда $H_m = 1 \dots 3$ м, имеет линейный характер, от 3 до 7 м – логарифмический вид, высотой от 7 до 10 м – экспоненциальная зависимость [12]. По результатам наблюдений, в том числе, установлены отличные от действующих в нормативном документе [1] величины параметров зоны защиты (угол защиты, размер зоны защиты) для молниеотводов различных высот и уровней молниезащиты.

Обработка полученного материала позволила выразить величину зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода с учетом отклонения

$$R_3 = H_m \cdot \text{tg}\beta - (R_{30} - R_{31})_6, \quad (8)$$

где R_{30} и R_{31} – соответственно размеры зон защиты молниеотвода до и после его отклонения, м.

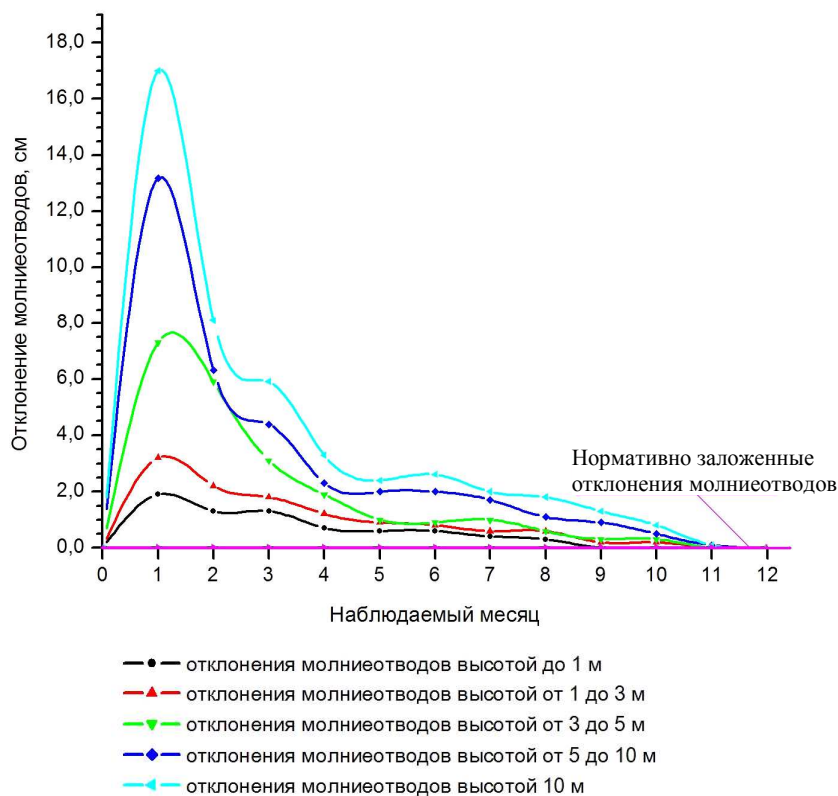
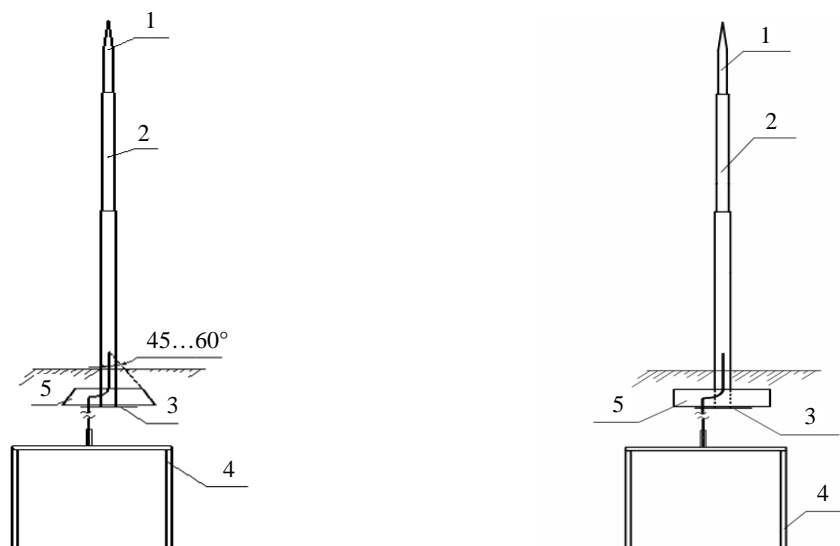


Рисунок 2. – Зависимости отклонений молниеотводов от оси защиты относительно периода наблюдений

Кроме того, на основе полученного материала разработана конструкция молниеотвода (рис. 3), включающего молниеприемник 1, токоотвод 2, стержень-заземлитель 3, опору 4 и бетонный груз 5, для защиты от прямых ударов молнии зданий и сооружений.



1 – молниеприемник; 2 – токоотвод; 3 – опора; 4 – стержень-заземлитель; 5 – бетонный груз

Рисунок 3. – Молниеотвод с повышенными характеристиками для устойчивого функционирования

Молниеприемник и токоотвод в целях приема и гарантированного отвода тока молнии к заземлителю представляют собой цельнометаллический стержень. Основание молниеотвода, в отличие от известных прототипов, дополняется бетонным грузом в виде расположенного большим основанием вниз усеченного прямого кругового конуса с центральным вертикальным осевым отверстием либо бетонным

грузом, который помещается поверх опоры и за счет своей формы имеет пониженный центр тяжести, что совместно с дополнительными опорными функциями увеличенных боковой и нижней поверхностей конуса обеспечивают существенное увеличение устойчивости конструкции молниеотвода от действия ветровой нагрузки. Монтаж молниеотвода проводится на горизонтальной поверхности. В толще грунта выполняется цилиндрическое либо прямоугольное углубление, необходимое и достаточное для плотного контакта стержня-заземлителя с грунтом и устойчивого горизонтального положения опоры. Поверх опоры помещается бетонный груз. Груз засыпают грунтом и плотно уплотняют. Молниеотвод работает следующим образом. Разряд молнии принимается молниеприемником и через токоотвод поступает в заземлитель и далее в грунт. Техническая новизна конструкции молниеотвода защищена патентами Республики Беларусь [13–14].

Результатами наблюдений установлены следующие аксиомы, необходимые для производства монтажа и эксплуатации молниезащиты:

- молниеотводы в процессе своей эксплуатации отклоняются, и размеры зон защиты становятся меньше;
- молниеотводы фиксируют свое устойчивое положение в течение первого года эксплуатации;
- с увеличением высоты молниеотвода над защищаемой поверхностью объекта защиты пропорционально уменьшается размер зоны защиты;
- отклонения зоны защиты разработанных конструкций молниеотводов, идентичных по высоте эксплуатируемым прототипам, в два раза меньше.

Систематизация результатов наблюдений позволила разработать графический метод (рис. 4) определения зон защиты молниеотводов различных высот и уровней молниезащиты с учетом отклонений молниеотводов от осей защиты в процессе их эксплуатации, альтернативный методу, изложенному в действующих требованиях по молниезащите [1].

Разработанный метод прост и универсален (подходит для зданий и сооружений), учитывает опыт эксплуатации молниеотводов и не требует дополнительных геометрических построений и вычислений. Для процесса проектирования или проверки зон защиты по предложенному методу сначала определяется параметр объекта защиты по наиболее высоким и дальним от молниеотвода точкам. Затем под выбранные параметры объекта защиты подбираются высота и размер зоны защиты молниеотвода.

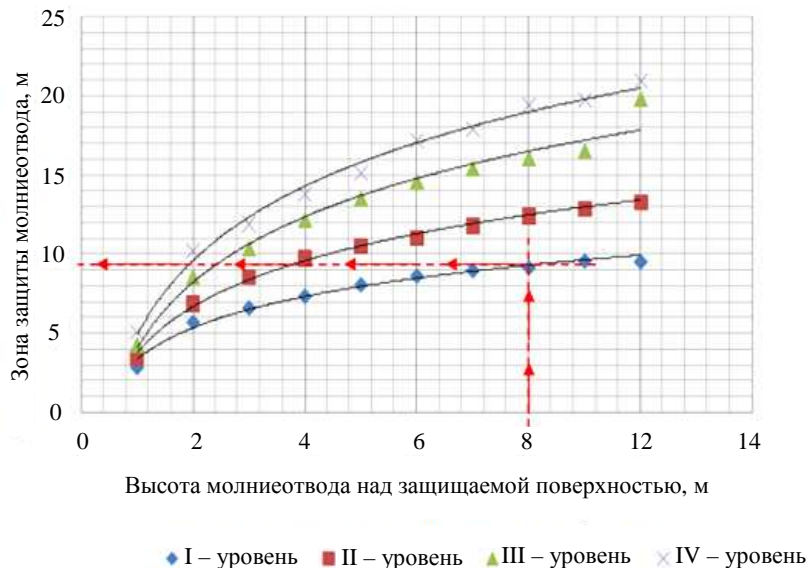


Рисунок 4. – Графический метод определения размеров зоны защиты молниеотвода

В методике расчета зон защиты молниеотводов по [1] отсутствуют указания по выбору рационального места расположения отдельно стоящих молниеотводов.

Выбор рационального места расположения отдельно стоящих молниеотводов относительно защищаемого склада нефтепродуктов приведен на рисунке 5. Метод основан на следующем утверждении: зона защиты молниеотвода должна обладать необходимой избыточностью относительно защищаемого объекта. Таким образом, объект должен полностью находиться внутри сформированной зоны защиты.

В зависимости от уровня молниезащиты и высоты молниеотвода, расстояния до объекта защиты путем наложения размеров зон защиты на габариты объекта можно установить рациональное количество молниеотводов для обеспечения надлежащей защиты от прямого удара молнии.

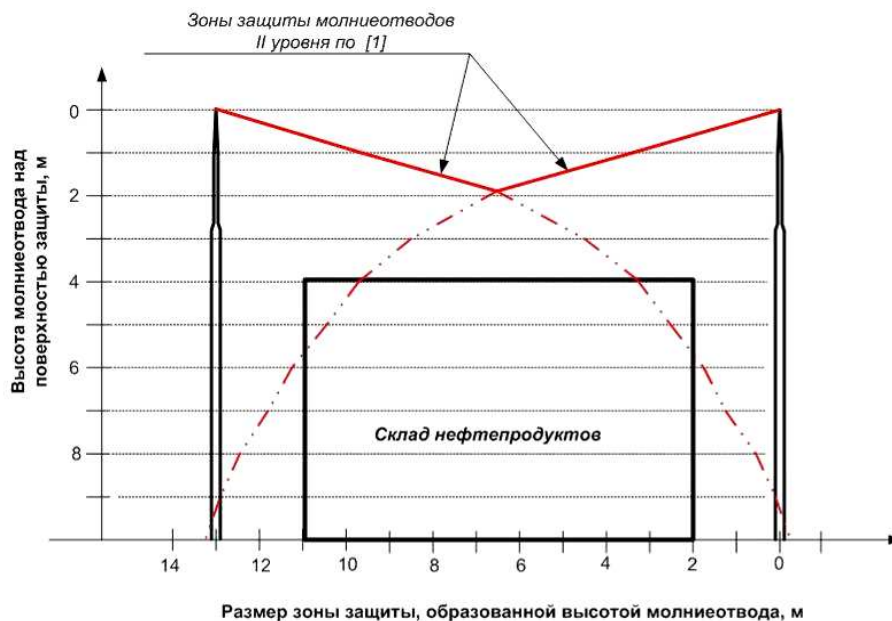


Рисунок 5. – Схематическое изображение определения рационального количества отдельно стоящих молниеотводов для объекта защиты

Заключение. На основании анализа статистических сведений можно сделать вывод, что в Республике Беларусь пожары на складах нефтепродуктов происходят и от грозových проявлений. Анализ обстоятельств, повлекших возникновение пожаров, условий эксплуатации молниезащиты и краткий обзор теоретических принципов молниезащиты позволили установить, что причинно-следственной связью возникновения пожаров на складах нефтепродуктов послужили:

- применение неэффективных мер молниезащиты;
- недостаток внедрения рациональных технических решений по молниезащите;
- отсутствие учета опыта эксплуатации средств молниезащиты.

В этой связи проведены исследования. Получена математическая модель для прогнозирования эффективности функционирования молниеотвода. Установлено, что максимальная устойчивость объекта к возникновению пожаров от ударов молнии и, как следствие, наилучшая молниезащита обеспечивается, когда молниеотвод отдельно стоящий и имеет площадь сечения в верхней точке не менее 50 мм^2 . Объем зоны защиты, образованной молниеотводом, должен иметь некоторую избыточность по отношению к объему объекта защиты, а сопротивление заземлителя молниеотвода по отношению к его конфигурации определяется с учетом требуемых условий по растеканию тока молнии в земле.

Теоретически обоснованы параметры зоны защиты молниеотвода с учетом опыта эксплуатации (высота молниеотвода, радиус зоны защиты, сечение, количество вертикальных и длина горизонтального электродов заземлителя), что необходимо учитывать для обеспечения надлежащей работоспособности молниеотвода. Разработано инженерно-техническое решение конструкции молниеотвода для защиты складов нефтепродуктов. Техническим результатом молниеотвода считается минимизация отклонения от его вертикальной оси, что обеспечивает заложенную в проекте эффективности молниезащиты с нормированной надежностью защиты. Новизна решения защищена патентами Республики Беларусь. Предложен простой и универсальный графический метод нахождения зон защиты молниеотводов различных высот и уровней защиты, не требующий, в отличие от метода, изложенного в действующих требованиях по молниезащите, геометрических построений и вычислений.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке изменений либо переработке действующих национальных требований по молниезащите, при разработке проектов строительства и реконструкции систем молниезащиты на складах нефтепродуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций : ТКП 336-2011. – Введ. 01.11.2011. – Минск : Филиал «Информационно-издательский центр ОАО «Экономэнерго», 2011. – 187 с.
2. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений : РД 34.21.122-87 / Минэнерго СССР. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 56 с.

3. Описание пожара, произошедшего 22 августа 2009 года в резервуарном парке линейной производственно-диспетчерской станции «Конда» филиала «Урайское УМН» ОАО «Сибнефтепровод», расположенного по адресу: Ханты-мансийский автономный округ – Югра, Кондинский район, г. Ханты-Мансийск, 2009 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: fire.dv-com.net/.../OPISANIE_POJARA_REZERVUAROV_KOND. – Дата доступа: 20.06.2016.
4. Мисун, Л.В. Анализ состояния и направления совершенствования молниезащиты складов нефти и нефтепродуктов / Л.В. Мисун, А.Н. Скрипко // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация : сб. тез. докл. V Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 т. Т. 2 ; ред. кол. : А.Ю. Лупей [и др.]. – Минск, 2011. – С. 194–196.
5. Акоюн, А.А. Исследование защитного действия молниеотводов / А.А. Акоюн // Труды ВЭИ. – 1940. – Вып. 36.
6. Стекольников, И.С. Физика молнии и грозозащита / И.С. Стекольников ; отв. ред. акад. А.Ф. Иоффе ; АН СССР, Энергет. ин-т им. Г.М. Кржижановского. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1943. – 230 с.
7. Базелян, Э.М. Физика молнии и молниезащиты / Э.М. Базелян, Ю.П. Райдер. – М. : Физматлит, 2001. – 319 с.
8. Куприенко, В.М. Методика и результаты испытаний по определению угла защиты для отдельно стоящих стержневых и тросовых молниеотводов / В.М. Куприенко // Вестн. Нац. техн. ун-та «ХПИ». – 2006. – № 17.
9. Карякин, Р.Н. Справочник по молниезащите / Р.Н. Карякин. – М. : Энергосервис, 2005. – 879 с.
10. Скрипко, А.Н. Исследование защиты объектов от воздействия грозových разрядов / А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, А.Н. Леонов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2013. – № 1 (33). – С. 70–77.
11. Нагрузки и воздействия : СНиП 2.01.07-85* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/9702/%D0%A1.%2026-36.pdf?sequence=1>. – Дата доступа: 23.06.2016.
12. Скрипко, А.Н. Влияние отклонений молниеотвода на устойчивость объекта к возникновению пожаров от ударов молнии / А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, В.В. Кобяк // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2015. – № 1 (37). – С. 110–115.
13. Молниеотвод с повышенными характеристиками устойчивого функционирования : пат. 10767 Респ. Беларусь, МПК Н 02G 13/00 (2006.01) / А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, В.А. Агейчик, В.В. Кобяк ; заявитель Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь. – № u20140413 ; заявл. 14.11.2014 ; опубл. 30.08.2015.
14. Определение параметров молниезащиты зданий и сооружений по СТБ II ИЕС 62305-2-2006 2010 и ТКП 336: компьютерная программа (св. № 643 о регистрации в Национальном центре интеллектуальной собственности Республики Беларусь) / В.В. Горбачевский, В.К. Емельянов, А.Н. Скрипко ; заявитель Научно-исслед. ин-т пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Респ. Беларусь. – заявка № С 20140006 ; заявл. 05.02.2014 ; опубл. 07.03.2014 / Нац. центр интеллектуал. собственности Республики Беларусь.

Поступила 28.06.2016

RESEARCH RESULTS AND WAYS OF IMPROVING OF OIL STORES LIGHTNING PROTECTION

A. SKRIPKO

Information about the fire situation in oil stores when exposed to thunderous manifestation and the analysis of the circumstances that led to large fires from lightning strikes are presented. There are study results of the actual state of affairs of lightning protection ensuring in the article. The basic causes that affected to the lightning protection efficiency are established. The results of theoretical research on the justification of the lightning protection elements, the resistance of the object to the fire occurrence from thunderous manifestation, the prediction of functioning efficiency of lightning-conductor are shown. The parameters of lightning-conductor protection zones with taking into account its deviations from the axis protection are substantiated. Engineering solution of lightning-conductor design is developed. The technical result of its development is minimization of lightning-conductor deviation from vertical axis. A simple and all-purpose graphical method of lightning-conductors protection zones finding depending on different heights and lightning protection levels is proposed. This method, in contrast to the stated in current lightning protection standards, doesn't require geometrical constructions and calculations and takes into account operating experience of lightning protection system.

Keywords: lightning, lightning protection, warehouses of oil and petroleum products, fire, safety.