

УДК 658.382.3
ББК Ц801.1

МОЛНИЕЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ С БОЕПРИПАСАМИ

А.Н. Каляженков, А.В. Тычков

Хранение боеприпасов является наиболее длительной частью их жизненного цикла и связано со строгим соблюдением требований безопасности. Одним из важнейших элементов живучести объектов хранения является их молниезащита. Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект хранения или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом.

Ключевые слова: молниезащита, боеприпасы, безопасность хранения.

Молния представляет собой электрический разряд в несколько километров, развивающийся между грозовым облаком и каким-либо наземным сооружением (рис. 1).

Электрические заряды в облаках образуются следующим образом [1]. Земля и атмосфера образуют громадный сферический конденсатор. Под действием электрического поля этого конденсатора падающая водяная капля поляризуется, в нижней ее части появляется положительный заряд, в верхней – отрицательный. Движущиеся в восходящем потоке электроны притягиваются нижней частью капли, а более инертные положительные ионы воздуха отталкиваются и уносятся далее, сосредоточиваясь вверху. В результате капли получают суммарный отрицательный заряд и наполняют нижнюю часть облака. При нахождении в этой области небольшого объемного положительного заряда внутри облака образуется электрическое поле. Такие области иницируют, а в дальнейшем питают грозовой разряд. Нижняя часть облака индуцирует на поверхности земли положительный заряд, появляется местное грозовое электрическое поле, в котором происходит развитие молнии.



Рис. 1. Разряд молнии

Вспышка молнии продолжается в среднем 0,2 с (в редких случаях – 1–1,5 с). За этот промежуток времени молния, распространяясь со скоростью близкой к скорости света, переносит токи силой в сотни, а то и тысячи ампер. Температура в канале молнии превышает 20000 °С, а максимальное давление достигает 3,5 МПа (35 атм). При таких условиях возможны очень сильные разрушения зданий и сооружений.

Опасное воздействие молнии на боеприпасы и объекты хранения

Воздействие молнии принято подразделять на две группы:

- первичное, вызванное прямым ударом молнии;
- вторичное, индуцированное близкими ее разрядами или занесенное в объект протяженными металлическими коммуникациями.

Эти воздействия способны вызвать воспламенение или несанкционированное срабатывание боеприпасов, разрушение конструкций объектов хранения.

Прямой удар молнии вызывает следующие воздействия на объект хранения боеприпасов:

1. *Электрическое*, связанное с поражением людей электрическим током и появлением на элементах боеприпасов опасных перенапряжений. Даже при выполнении молниезащиты прямые удары молнии с большими токами и крутизной могут привести к перенапряжениям в несколько мегавольт. При отсутствии молниезащиты пути растекания тока молнии неконтролируемы и ее удар может создавать опасность поражения током.

2. *Термическое*, связанное с резким выделением теплоты при прямом контакте канала молнии с содержимым объекта и при протекании через объект тока молнии. Выделяемая в канале молнии энергия превышает 5,5 Дж, она на два-три порядка превышает минимальную энергию воспламенения ВВ и порохов. Контакт с каналом молнии всегда создает опасность воспламенения (взрыва), а также проплавления каналом молнии корпусов некоторых боеприпасов (гранатометные выстрелы, толщина стенки менее 6,5 мм).

3. *Механическое*, обусловленное ударной волной, распространяющейся от канала молнии, и электродинамическими силами. Это воздействие может быть причиной разрушения боеприпасов и конструкций хранилищ.

Механическое воздействие по своей силе способно лишь вызвать резкое паровыделение из материала тары боеприпасов с последующим его разрушением, а именно растрескиванием древесины [3].

Как показали опыт эксплуатации и экспериментальные исследования, наиболее уязвимыми к току молнии являются электрические цепи с электровоспламенителями мостикового типа, например, в цепях воспламенителя реактивных снарядов М21ОФ при протекании тока молнии происходит пробой электрической искрой промежутка между мостиком накаливания и

корпусом, что приводит к воспламенению пиротехнического состава и срабатыванию реактивного двигателя.

Вторичные проявления молнии связаны с действием на объект электромагнитного поля близких разрядов.

Проведенные испытания и расчеты показали, что даже при самых неблагоприятных условиях вторичное воздействие молнии не опасно для боеприпасов с незащищенными электрическими цепями, если разряд молнии с максимальной амплитудой произошел на расстоянии более 15 м от них.

Таким образом, наиболее опасным воздействием молнии для боеприпасов является прямой удар.

Устройство молниезащиты

Для своевременного обнаружения грозового облака, приближающегося к территории объекта с боеприпасами, используется специальный прибор – ФАГ-1 (фазовый анализатор грозоопасности).

Этот прибор устанавливается у дежурного по воинской части и автоматически регистрирует грозовые разряды, определяет расстояние и направление на них, а в случае приближения облака к объекту на расстояние ближе 10 км информирует звуковым и световым сигналом о грозовой опасности.

В этом случае пожарная команда приводится в боевую готовность и прибывает на техническую территорию. Из числа технического состава воинской части назначаются группы наблюдения, которые патрулируют по территории, осматривая объекты с боеприпасами, с тем, чтобы в кратчайший срок обнаружить поражение молнией объекта и оповестить об этом пожарную команду и командование. В случае поражения молнией объекта принимаются меры по локализации и, по возможности, к тушению очага пожара.

Средством защиты от прямых ударов молнии служит молниеотвод – устройство, рассчитанное на непосредственный контакт с каналом молнии и отводящее ее ток в землю.

Молниеотвод – устройство, воспринимающее удар молнии и отводящее ее ток в землю.

В общем случае молниеотвод состоит (рис. 2) из:

- опоры;
- молниеприемника, непосредственно воспринимающего удар молнии;
- токоотвода, по которому ток молнии передается в землю;
- заземлителя, обеспечивающего растекание тока молнии в земле.

На практике они могут образовать единую конструкцию, например металлическая мачта представляет собой молниеприемник, опору и токоотвод одновременно. В некоторых случаях функции опоры, молниеприемника и токоотвода совмещаются, например, при использовании в качестве молниеотвода металлических труб или ферм.

Конструктивно молниеотводы разделяются на следующие виды:

- стержневые – с вертикальным (рис. 2, а) расположением молниеприемника;
- тросовые (протяженные) – с горизонтальным (рис. 2, б) расположением молниеприемника, закрепленного на двух заземленных опорах;
- сетки – многократные горизонтальные (рис. 2, в) молниеприемники, пересекающиеся под прямым углом и укладываемые на защищенное здание.

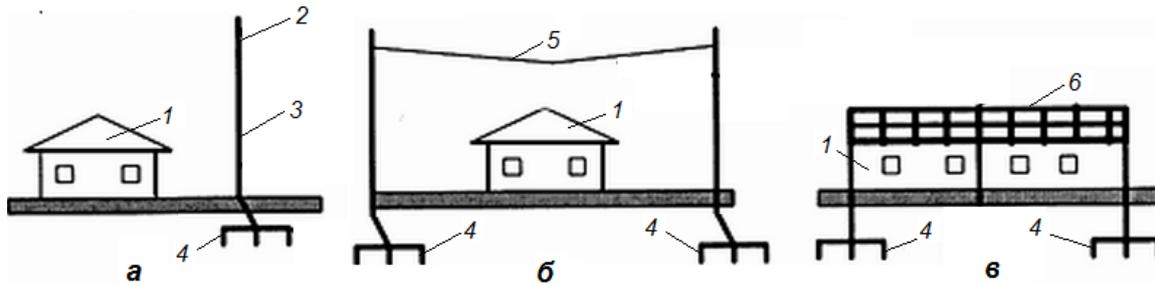


Рис. 2. Разновидности молниеотводов:

а – стержневой; б – тросовый; в – сетчатый

1 – защищаемый объект; 2 – молниеприемник; 3 – токоотвод;

4 – заземлитель; 5 – трос; 6 – сетка

Стержневые и тросовые молниеотводы могут быть как отдельно стоящие, так и устанавливаемые на объекте.

Молниеприемные сетки укладываются на неметаллическую кровлю защищаемых объектов. Укладка сеток рациональна лишь на зданиях с горизонтальной крышей.

Отдельно стоящие молниеотводы – это те, опоры которых установлены на земле на некотором удалении от защищаемого объекта.

Одиночный молниеотвод – это единичная конструкция стержневого или тросового молниеотвода. Двойной (многократный) молниеотвод – это два (или более) стержневых или тросовых молниеотвода, образующих общую зону защиты.

Опоры стержневых молниеотводов должны быть рассчитаны на механическую прочность как свободно стоящие конструкции, а тросовые – с учетом натяжения троса, гололедной и ветровой нагрузки [4].

Опоры могут изготавливаться из стали любой марки, железобетона или негорючего изоляционного материала. Стальные опоры подлежат защите от коррозии покраской или любым другим способом. На металлических опорах установка стержневых молниеприемников не требуется. На других опорах молниеприемник должен выступать не менее чем на 0,2 м. Молниеприемник изготавливается из стали сечением не менее 35 мм².

Тросовые молниеприемники должны выполняться из стальных или сталеалюминиевых канатов.

Молниеприемные сетки выполняются из стальной проволоки диаметром не менее 6 мм или стальной полосы толщиной не менее 4 мм.

Соединение молниеприемника с токоотводами выполняется сваркой.

Токоотводы изготавливаются из круглых неизолированных стальных проводников диаметром не менее 6 мм или полосовой стали сечением не менее 48 мм^2 . При необходимости могут быть использованы проводники любого профиля толщиной не менее 4 мм.

Для отдельно стоящих молниеотводов, имеющих металлические опоры, прокладка токоотводов не требуется. При использовании железобетонных опор в качестве токоотводов может служить их арматура, если она имеет сварные соединения по всей длине.

Заземлитель молниезащиты – один или несколько заглубленных в землю проводников, предназначенных для отвода в землю токов молнии или ограничения перенапряжений, возникающих на металлических корпусах, оборудовании, коммуникациях при близких разрядах молнии.

Заземлители делятся на естественные и искусственные.

Естественный заземлитель – заглубленные в землю металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений. В качестве естественных заземлителей следует применять железобетонные фундаменты зданий, опор молниеприемников. Фундаменты могут иметь свайную, ленточную или любую другую конструкцию (рис. 3, а, б, в).

Искусственные заземлители – специально проложенные в земле контуры из полосовой или круглой стали. Для отдельно стоящих молниеотводов приемлемой конструкцией является искусственный заземлитель (рис. 3, г), состоящий из двух и более вертикальных электродов длиной не менее 3 м, объединенных горизонтальным электродом (на глубине не менее 0,5 м), при расстоянии между вертикальными электродами не менее 5 м.

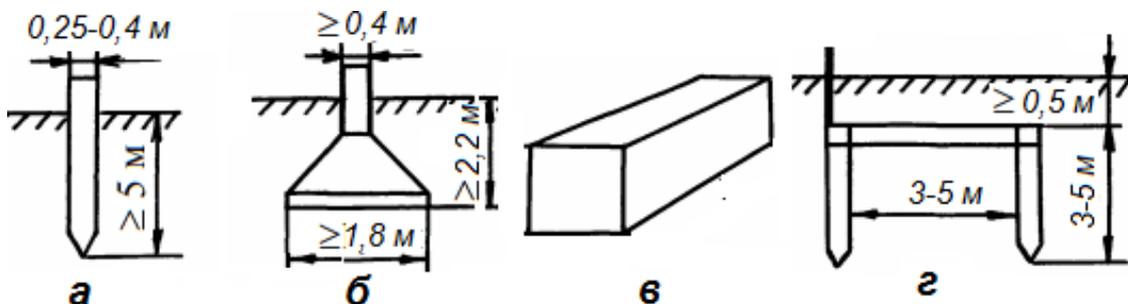


Рис. 3. Разновидности заземлителей:

- a* – железобетонная свая; *б* – железобетонный подножник;
- в* – железобетонный ленточный фундамент;
- г* – стальной двухстержневой

Защитное действие молниеотвода основано на свойстве молнии с большей вероятностью поражать более высокие и хорошо заземленные предметы по сравнению с расположенными рядом объектами меньшей высоты.

Поэтому на молниеотвод, возвышающийся над защищаемым объектом, возлагается функция перехвата молний, которые в отсутствие молниеотвода поразили бы объект.

Зона защиты молниеотвода – пространство, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с надежностью не ниже определенного значения. Наименьшей и постоянной надежностью обладает поверхность зоны защиты, в глубину зоны защиты надежность выше, чем на ее поверхности.

Количественно защитное действие молниеотвода определяется через вероятность прорыва – отношение числа ударов молнии в защищаемый объект (число прорывов) к общему числу ударов в молниеотвод и объект. В [5] использованы результаты расчетов по вероятностной методике, связывающей вероятность поражения молниеотвода и объекта с разбросом траекторий нисходящей молнии без учета вариаций ее токов.

При вероятности прорыва 0,01 в здание можно ожидать не более одного прорыва за 500-летний период, намного превышающий срок службы любого промышленного объекта.

Категорирование объектов по степени их молниезащиты

Для объектов специального назначения предусмотрено 3 категории молниезащиты: I, II, III. К первой категории отнесены производственные и складские помещения, в которых в нормальных технологических режимах могут находиться и образовываться взрывоопасные вещества. Любое поражение молнией, вызывая взрыв, создает повышенную опасность разрушений и жертв.

К объектам I категории относятся:

- хранилища, площадки открытого хранения, погрузочно-разгрузочные площадки и склады ракет и боеприпасов;
- цехи сборки, ремонта, разделки, регламентных работ с ракетами и боеприпасами;
- цехи разделки, ремонта зарядов и порохов, пункты выплавки ВВ и изготовления продуктов на основе ВВ;
- лаборатории испытания ракет и боеприпасов.
- участки железных дорог, предназначенные для погрузки и выгрузки ракет, боеприпасов, взрывоопасных изделий и ВВ.
- хранилища спец. топлива и насосные станции к ним.

Эти объекты должны быть защищены от прямых ударов молнии, а также от вторичных проявлений молнии и от заноса высоких потенциалов.

Молниезащита объектов первой категории от прямых ударов молнии обеспечивается отдельно стоящими молниеотводами.

При выборе расстановки молниезащиты учитывают минимально необходимое удаление отдельно стоящих молниеотводов от защищаемых объектов (рис. 4) по воздуху (S_B), в грунте и по его поверхности (S_3).

Объект высотой $h=30$ м считается защищенным, если безопасное расстояние по воздуху S_B (м) удовлетворяет следующим условиям:

$$S_B = 10 \text{ при } \rho \leq 500;$$

$$S_B = 10 + 10^{-2} (\rho - 500) \text{ при } 500 < \rho < 1500;$$

$$S_B = 20 \text{ при } \rho \geq 1500, \text{ где } \rho - \text{удельное сопротивление грунта (Ом м)}.$$

Для объектов высотой более 30 м подсчитанное по формулам S_B увеличивается на $\Delta S_B = 0,1 (h - 30)$ (м).

Безопасные расстояния по воздуху S_{BT} от тросового молниеприемника до границ объекта (рис. 3) определяется по тем же формулам, что и S_B . При этом, если сумма длина троса в пролете и высот двух его опор превышает 60 м, значение S_{BT} должно быть увеличено на $\Delta S_{BT} = 0,1 (h - 30)$ (м).

Для объектов высотой более 30 м это расстояние увеличивается из расчета 1 м на каждые 10 м высоты объекта свыше 30 м.

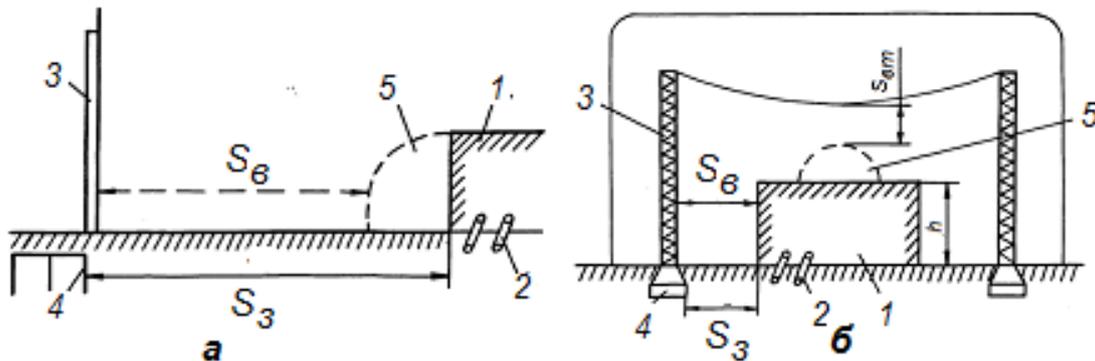


Рис. 4. Характеристики молниеотводов:

а – отдельно стоящий стержневой молниеотвод;

б – отдельно стоящий тросовый молниеотвод;

1 – защищаемый объект; 2 – металлические коммуникации;

3 – опора молниеотвода; 4 – заземлитель; 5 – зона взрывоопасности

Для защиты объектов в грунте молниеотводы должны быть удалены на уровне земли и в земле от объекта, от его наземных и подземных коммуникаций на безопасное расстояние $S_3 = 10$ м.

Указанные молниеотводы должны быть оборудованы заземлителем, выполненным одним из следующих способов.

Площадки открытого временного хранения боеприпасов и взрывчатых веществ, отнесенные по требованиям молниезащиты к I категории, должны

иметь железобетонное основание (пол) со сварными соединениями арматуры. При отсутствии железобетонного основания снаружи по контуру площадки на расстоянии не менее 5 м от внешней границы прокладывается замкнутый ограждающий контур заземлителя в виде горизонтальной полосы на глубине 0,5 м, к которой через каждые 5–7 м присоединяются вертикальные электроды длиной не менее 2 м.

Для защиты от вторичных проявлений молнии металлические конструкции объектов (кровля, фермы, балки, краны и т.п.), а также подземные металлические коммуникации (трубопроводы, рельсы, кабели и т.п.) и металлические корпуса оборудования должны быть присоединены к заземлителю, сопротивление току промышленной частоты которого не должно превышать 50 м.

Порядок приема и эксплуатации устройств молниезащиты

Молниезащитные устройства объектов принимаются в эксплуатацию рабочей комиссией и передаются в эксплуатацию воинской части до начала монтажа технологического оборудования, завоза и загрузки в здания и сооружения боеприпасов, изделий, вооружения и ценного имущества [2]. Прием оформляется актом рабочей комиссии.

После приема в эксплуатацию устройств молниезащиты составляются паспорта молниезащитных устройств и паспорта заземлителей МЗУ, которые хранятся в защищаемом сооружении.

Устройства молниезащиты общевоинских и специальных объектов эксплуатируются в соответствии с требованиями [4], а во всех неоговоренных случаях – в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Периодическому контролю со вскрытием в течение пяти лет должны подвергаться все искусственные заземлители, токоотводы и места их присоединений, при этом ежегодно необходимо проверять не менее 20 % их общего количества.

Для обеспечения постоянной надежности МЗУ ежегодно перед началом грозового сезона производится проверка и осмотр всех устройств молниезащиты.

Библиографический список

1. Плющ, А.А. Основы устройства, службы и безопасной жизнедеятельности баз боеприпасов: учебник / А.А. Плющ, М.Д. Шкурко. – Пенза: ПАИИ, 2004. – 249 с.
2. Приказ МО 1995г. № 322 «Об организации противопожарной защиты и местной обороны в ВС РФ».
3. Черкасов, В.Н. Молниезащита взрывоопасных сооружений от молнии и статического электричества / В.Н. Черкасов. – М.: Стройиздат, 1984. – 80 с.

4. Ведомственные и строительные нормы по проектированию, устройству и эксплуатации молниезащиты специальных объектов. ВСН 22-02-98.

5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122-87. – М., 1898. – 50 с.

[К содержанию](#)