

УДК 537.2

## МОЛНИЕЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ LIGHTNING PROTECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

С.А. Латушкин

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

[sizikovsv@bntu.by](mailto:sizikovsv@bntu.by)

A. Latushkin

Supervisor – Sizikov S., Candidate of Technical Sciences, Docent  
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

***Аннотация:** Статья посвящена вопросам молниезащиты промышленных, общественных и жилых объектов.*

***Abstract:** The article is devoted to the issues of lightning protection of industrial, public and residential facilities.*

***Ключевые слова:** молния, молниезащита, громоотвод.*

***Keywords:** lightning, lightning protection, lightning rod.*

### **Введение**

Молния - это электрический разряд в атмосфере, который возникает во время грозы. Она проявляется яркой вспышкой света и сопутствующим громким звуком (громом). До сих пор это завораживающее явление не изучено до конца. Первые исследования молнии можно отнести к концу XVII века. У истоков этих исследований стоял великий русский ученый М.В. Ломоносов.

Всем известна разрушительная сила разряда молнии. Поражение человека или животных молнией часто происходит на открытом воздухе, потому что электрический ток идет по кратчайшему пути «облако-земля». Удары молнии являются обычным явлением - около 100 ударов молнии ударяют по поверхности Земли каждую секунду, но их сила необычайна. Каждый удар может содержать до одного миллиарда вольт электричества. Пиковое напряжение составляет от 10 до 100 миллионов Вольт. Энергия переходит в свет и тепло с температурой около 30000 градусов по Цельсию. Эта температура в шесть раз выше, чем на Солнце. При прохождении через токопроводящие детали разряд молнии может расплавить металл, который является основным материалом для проводов и электроустановок.

### **Основная часть**

**Природа молнии.** Чтобы лучше понять, как осуществить защиту зданий и сооружений от молний, необходимо понять природу этого явления. Существует много теорий образования молнии. Некоторые из них связаны с воздействием космических лучей на нашу атмосферу, другие связывают появление молний с разницей потенциалов между землей и грозовой тучей, в результате чего в воздухе происходит своего рода пробой, и мы видим искру. Однако до сих пор нет теории, полностью объясняющей весь процесс образования молний.

Одна из самых распространенных теорий относится к области гипотез М. В. Ломоносова. Ломоносов считал, что причиной электрических разрядов в

облаках является влияние постоянного электрического поля Земли. Как известно, заряд на нашей планете всегда был отрицательным. Сила электрического поля на поверхности зависит от заряда земли. Свободные заряды в воздухе движутся в направлении электрического поля, а его плотность увеличивается в несколько миллиардов раз с удалением от поверхности. Земля вместе с зоной достаточной плотности заряда на расстоянии 80 км от поверхности образует сферический конденсатор, между пластинами которого находится диэлектрик-слой воздуха.

По своему происхождению грозовые облака делятся на тепловые и фронтальные. Принцип тепловой грозы очень прост. В результате нагрева поверхности земли нагретый воздух с испарившейся водой в виде пара поднимается вверх. Когда эта масса попадает в низкотемпературный диапазон атмосферы земли, пар начинает конденсироваться, что приводит к образованию грозовых облаков. Эти облака содержат много маленьких положительно заряженных капель.

Принцип образования фронтальных облаков аналогичен возникновению тепловой грозы. Разница в том, что горячий воздух поднимается из-за столкновения с холодным воздушным потоком. В результате возникают вихри, которые попадают в область низких температур, и поэтому процесс развития фронтальной бури идентичен возникновению тепловой бури. Электрически заряженные капли в облаке, расположенные между отрицательно заряженной землей и положительно заряженным воздушным слоем в верхней атмосфере, начинают поляризоваться. Кроме того, заряды начинают переориентироваться как в самом облаке, так и в атмосфере. Однако нагрузки неравномерно распределяются в облаке. Молния образуется в местах, где напряженность поля неравномерно распределенных зарядов достигает определенного значения. Начинается процесс ударной ионизации, и образуются лавины электронов. Электрический разряд состоит из нескольких последовательных импульсов. Траекторию и место удара предсказать невозможно. Это зависит от наземного поля и объектов, находящихся на земле. Известно, что молния движется к земле по кратчайшему пути, когда под облаком находится структура. На основе многих исследований были выведены некоторые закономерности поведения молнии. Например, если два объекта одинаковой высоты находятся под грозовым облаком, разряд поражает объект с лучшим заземлением и проводимостью.

**Повреждения от удара молнии.** Удар молнии по зданию может привести к повреждению самого здания и материальному ущербу, включая сбой внутренних систем здания, а также к травме или смерти.

**Меры защиты.** Идеальная защита здания предполагает, что защищенный объект должен быть заземлен, полностью покрыт проводящим экраном соответствующей толщины и оснащен соответствующим соединением в том месте, где проходят линии связи здания. Эта защита может предотвратить проникновение тока молнии и ее электромагнитных полей в защищенный объект и избежать опасных тепловых и электродинамических эффектов тока и, следовательно, опасности пожара и перенапряжения во внутренних системах.

На практике полная защита в большинстве случаев невозможна и экономически нецелесообразна.

Если экран имеет недостаточный размер или толщину, то ток молнии может проникать в экран. Последствиями этого проникновения могут приводить к:

-физическим повреждениям здания и

представляют угрозу для жизни и здоровья человека;

- неисправностям внутренней системы.

Защитные меры, принимаемые для уменьшения повреждений и их косвенных потерь, могут сводиться к двум областям: внешней или внутренней молниезащите.

**Внешняя молниезащита.** Внешняя молниезащита-система, которая принимает молнию на себя и направляет ее на землю таким образом, что защищаемое сооружение остается нетронутым. Во время удара молнии на строительной площадке правильно спроектированное и построенное молниезащитное оборудование должно поглощать ток молнии и проводить его через нижние проводники к системе заземления. Там энергия молнии должна безопасно рассеиваться. Ток молнии не должен повредить защищаемый объект, а также быть безопасным для людей внутри и снаружи здания.

Внешняя молниезащита состоит из следующих элементов:

Молниеотвод (громоотвод) - устройство для перехвата молний. Принцип работы его заключается в том, что молния попадает на самые высокие металлические конструкции, а затем отводится в заземляющее устройство. Если объект находится в защитной зоне молниеотвода, он не будет поражен молнией.

Разрядник- устройство, которое проводит разрядный ток от громоотвода на землю. Он установлен на строительной стене и водосточных трубах. Чаще это медная проволока или полоса, идущая от громоотвода до заземляющего электрода.

Заземляющий проводник- устройство, которое отклоняет не менее 50% тока молнии, проходящего через разрядник на земле. Остаточная мощность

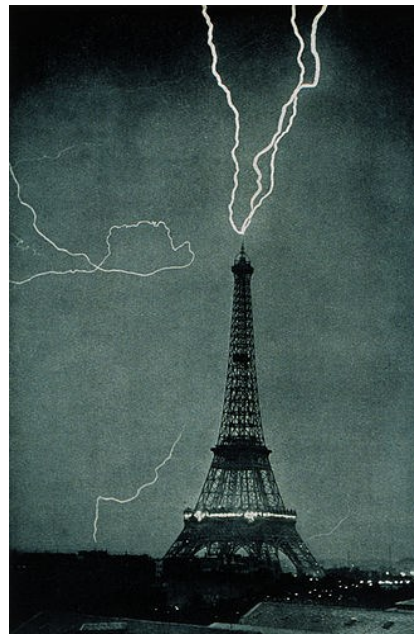


Рисунок 1 – Молния ударяет в громоотвод Эйфелевой башни.

разряда распределяется по коммуникациям, прилегающим к зданию. Заземляющий проводник является единственным внешним элементом молниезащиты, который погружен в землю. Заземляющие электроды могут быть элементами различных размеров, материалов и форм, которые отвечают требованиям нормативных документов. На рисунке 1 показана молния, ударяющая по громоотводу Эйфелевой башни.

**Внутренняя молниезащита.** Внутренняя защита представляет собой комбинацию устройств защиты от перенапряжения. Задача внутренней системы молниезащиты - предотвращать образование опасных искр внутри конструкции. Искра возникает, в основном, при прохождении электрического тока через проводник. Это приводит к большой разнице потенциалов между металлом и проводящими частями системы. Заземление и система выравнивания потенциалов обеспечивают прямое соединение между внешней системой молниезащиты и зданием. Существуют перенапряжения, вызванные прямым и непрямым ударом молнии. В первом случае - это удар молнии в здание или в подключенные к нему линии связи. Вторые случаются, когда молния бьет рядом со зданием или возле линии связи.

Параметры вспышки различаются в зависимости от типа воздействия. Перенапряжения прямого удара относятся к типу 1. Они более опасны, поскольку содержат большое количество накопленной энергии. Перенапряжения из-за непрямого воздействия называются типом 2. Они менее опасны: накопленная энергия примерно в семнадцать раз меньше энергии типа 1.

**Зоны молниезащиты.** Это пространство рядом с громоотводом, где здание или объект с некоторой степенью надежности защищается от удара молнии. Зона защиты А имеет уровень надежности 99,5% и более, а зона защиты В – не менее 95%. В зависимости от типа приемников импульсов разрядники делятся на сетчатые, стержневые, контактные. В зависимости от количества и общей площади защиты - одинарная, двойная и множественная. Как правило, имеется также несколько молниеотводов, как изолированных, так и неизолированных от защищаемого здания.

Грозозащитные разрядники представляют собой горизонтальные стальные или проволочные тросы, которые соединяются с двумя балками и на каждой из которых токоъемник расположен на отдельном заземляющем электроде. Для молниеотводов это - металлическая сетка, которая соединяет токоприемник с заземляющим электродом.

Грозозащиты обычно изготавливают из проката различного профиля. Самыми популярными профилями для изготовления молниеотводов являются водогазовые стержни и трубы.

Громоотводы представляют собой стальные тросы над защищаемым домом, прикрепленные к опорам. В качестве кабеля используется стальной оцинкованный кабель сечением не менее 35 мм<sup>2</sup>. В принципе, воздушные разрядники используются для защиты протяженных конструкций (протяженных зданий, воздушных линий и т. д.).

Сетчатые молниеотводы защищают крышу дома или хозяйственного здания от удара молнии. Они изготовлены из круглой стали диаметром от 6 до 8 мм. Кроме того, можно использовать плоские стальные полосы толщиной 20 мм. Так как на крыше дома укладывается молниезащитная сетка, то необходимо решить проблему беспрепятственного дренажа дождевой воды и снега.

**Способ расчета молниезащиты.** Общая схема для расчета молниезащиты устройства осуществляется так: производится количественная оценка вероятности удара молнии от защищаемого объекта, расположенного на ровной поверхности с достаточно однородными грунтовыми условиями в месте, занятом объектом, определяется тип зоны защиты; рассчитываются попарно взятые взаимные расстояния между громоотводами и рассчитываются параметры защитных зон на заданной высоте от поверхности земли.

В зависимости от типа, количества и относительного положения громоотводов зоны защиты могут иметь различные геометрические фигуры. Оценка надежности молниезащиты на разных высотах производится лицом, которое, при необходимости, определяет параметры устройства молниезащиты.

Промышленные, общественные и жилые объекты разделяются на 3 группы в зависимости от их конструктивных особенностей, назначения, вероятности взрыва или пожара, технических характеристик и интенсивности временной деятельности в районе их местоположения и от их устройства защиты от молний:

- Промышленные сооружения, а также сооружения со взрывоопасными помещениями классов в-1 и в-2 в зависимости от ПУЭ (к этой категории относятся также здания электростанций и подстанций).
- Другие сооружения и объекты со взрывоопасными помещениями, которые не подпадают под категорию I.
- Все остальные сооружения, включая сооружения с пожарной угрозой.

Для оценки грозовой активности в разных регионах применяется карта распределения среднего количества грозových часов в год, содержащая линии с одинаковой продолжительностью времени гроз.

### **Заключение**

Вопросы молниезащиты промышленных, общественных и жилых объектов злободневны и в настоящее время. Надежная защита людей и объектов от молний – гарантия сохранения государству людских и материальных ресурсов, а значит, одно из направлений экономического процветания страны. Именно поэтому поиск новых способов, методов и устройств молниезащиты является актуальным и в настоящее время.

### **Литература**

1. Справочник по элементарной физике. Кошкин Н. И., Ширкевич М. Г. 5-е изд. М: Наука, 1972 г. // Режим доступа: <https://may.alleng.org/d/phys/phys67.htm> -Дата доступа: 18.11.2020

2. ТКП 336-2011 (02230) Молниезащита зданий, сооружений инженерных коммуникации. Министерство энергетики Республики Беларусь // Режим доступа: [http://energocis.ru/wyswyg/file/Sbornik\\_Gosnadzor/Belarus/2./2.8/%D0%A2%D0%9A%D0%9F%20336%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B7%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%B0.pdf](http://energocis.ru/wyswyg/file/Sbornik_Gosnadzor/Belarus/2./2.8/%D0%A2%D0%9A%D0%9F%20336%20%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B7%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%B0.pdf) -Дата доступа: 16.11.2020
3. Электричество, М., ГИТТЛ, 1956, гл. XVI «Разряды в газах». Калашников С. Г., // Режим доступа: <https://may.alleng.org/d/phys/phys138.htm> - Дата доступа: 17.11.2020
4. Радиоактивный громоотвод. Занимательная ядерная физика. Мухин К. Н. // Режим доступа: <http://www.pseudology.org/science/MuxinYadernayaFizika.pdf> -Дата доступа: 17.11.2020
5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. Москва: Издательство МЭИ, 2004 г. // Режим доступа: <http://electrolibrary.info/molniya.pdf> -Дата доступа: 15.11.2020