

Тема 10. Статическое электричество

1. Характеристика статического электричества. Нормирование.
2. Методы защиты от воздействия статического электричества
3. Молниезащита.

1. Характеристика статического электричества. Нормирование.

1.1 Условия возникновения статического электричества

Широкое использование во всех областях хозяйственной деятельности диэлектрических материалов и органических соединений (полимеров, бумаги, твердых и жидких углеводородов, нефтепродуктов и т.п.) неизбежно сопровождается образованием зарядов статического электричества, которые не только осложняют проведение технологических процессов, но и зачастую становятся причиной пожаров и взрывов, приносящих большой материальный ущерб. Нередко это приводит к гибели людей.

Статическое электричество - это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности, или в объеме диэлектриков, или на изолированных проводниках (ГОСТ 12.1.018). Образование и накопление зарядов на перерабатываемом материале связано с двумя следующими условиями:

- наличие контакта поверхностей, в результате чего создается двойной электрический слой, возникновение которого связано с переходом электронов в элементарных донорско-акцепторных (дающий-принимающий) актах на поверхности контакта. Знак заряда определяет неодинаковое сродство материала поверхностей к электрону;
- хотя бы одна из контактирующих поверхностей должна быть из диэлектрического материала.

Заряды будут оставаться на поверхностях после прекращения контакта только в том случае, если время разрушения контакта меньше времени релаксации (уменьшение напряжения, ослабление, возвращение в состояния равновесия) зарядов. Последнее в значительной степени определяет величину зарядов на разделенных поверхностях.

Основная величина, характеризующая способность к электризации, - это *удельное электрическое сопротивление (ρ)* поверхностей контактирующих материалов. Если они имеют низкое сопротивление, то при разделении заряды с них стекают, и эти поверхности несут незначительный заряд. Если же сопротивление материалов высокое или скорость отрыва поверхностей

велика, то заряды будут сохраняться.

Способность веществ электризоваться также характеризуется удельной электропроводимостью γ , или удельным объемным сопротивлением ρ_v .

$$\gamma = 1/\rho_v,$$

Условно принято, что при удельном электрическом сопротивлении материалов менее 10^5 Ом•м заряды не сохраняются и материалы не электризуются.

В отдельных случаях склонность к электризации плоских полимерных материалов целесообразно оценивать по величине удельного поверхностного электрического сопротивления ρ_s , Ом. Большинство полимерных пленок и материалов не электризуется, если $\rho_s < 10^{11}$ Ом.

В соответствии с Правилами устройства и эксплуатации средств защиты от статического электричества, утвержденными Постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 04.06.2007 г. № 50, все вещества и материалы в зависимости от удельного объемного сопротивления подразделяются на диэлектрические ($\rho_s > 10^8$ Ом•м), антистатические ($\rho_s > 10^5 - 10^8$ Ом•м) и электропроводящие ($\rho_s < 10^5$ Ом•м).

Основными факторами, влияющими на электризацию веществ, являются их электрофизические свойства и скорость разделения поверхностей. Экспериментально установлено, что чем интенсивнее осуществляется процесс, т.е. чем выше скорость отрыва, тем больший заряд остается на поверхности.

Известны *следующие пути заряжения объектов: непосредственное контактирование с наэлектризованными материалами, индуктивное и смешанное заряжение.*

К чисто контактному заряжению поверхностей относится, например, электризация при перекачивании углеводородного топлива, растворителей по трубопроводам. Известно, что трубопроводы из прозрачного диэлектрического материала при перекачивании жидкостей даже светятся.

Наряду с контактным часто происходит *индуктивное заряжение* проводящих объектов и обслуживающего персонала в электрическом поле движущегося плоского наэлектризованного материала.

Смешанное заряджение наблюдается тогда, когда наэлектризованный материал поступает в какие-либо емкости, изолированные от земли. Этот вид заряджения наиболее часто встречается при заливке горючих жидкостей в емкости, при подаче резиновых клеев, тканей, пленок в передвижные емкости, тележки и т.д. Образование зарядов статического электричества при контакте жидкого тела с твердым или одного твердого тела с другим во многом зависит от плотности соприкосновения трущихся поверхностей, их физического состояния, скорости и коэффициента трения, давления в зоне контакта, микроклимата окружающей среды, наличия внешних электрических полей и т.д.

На рис. 10.1 показана принципиальная схема электризации твердых материалов при их разделении.

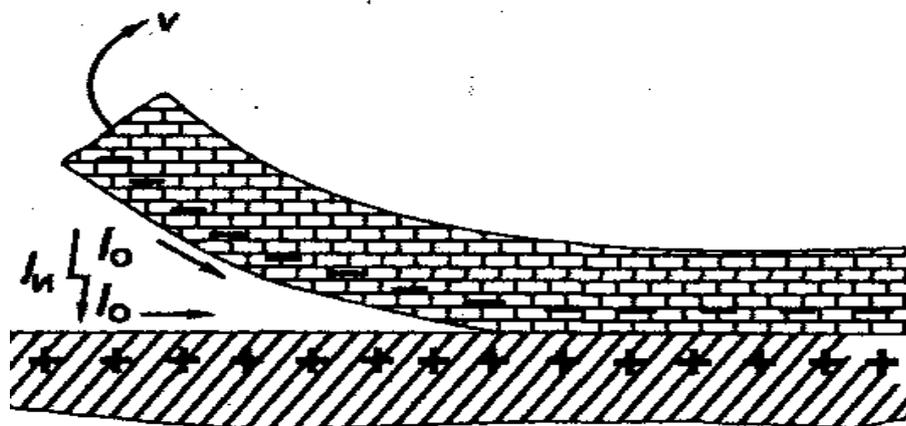


Рис.10.1. Принципиальная схема электризации твердых материалов при их разделении: v — скорость разделения поверхностей; I_0 - ток, обусловленный омической проводимостью разделяющих поверхностей; $I_и$ - ток ионизации в зазоре между разделяющимися поверхностями

Заряды статического электричества могут накапливаться и на теле человека (при работе или контакте с наэлектризованными материалами и изделиями). Высокое поверхностное сопротивление тканей человека затрудняет отекание зарядов, и человек может длительное время находиться под большим потенциалом.

Основной опасностью при электризации различных материалов является возможность возникновения искрового разряда как с диэлектрической наэлектризованной поверхности, так и с изолированного проводящего объекта.

Разряд статического электричества возникает, если напряженность электростатического поля над поверхностью диэлектрика или проводника, обусловленная накоплением на них зарядов, достигает критической (пробойной) величины. Для воздуха эта величина составляет примерно 30 кВ/м.

Воспламенение горючих смесей искровыми разрядами статического электричества может произойти в том случае, если выделяющаяся в разряде энергия будет выше минимальной энергии зажигания горючей смеси.

1.2 Воздействие статического электричества на организм человека

Наряду с пожарной опасностью статическое электричество представляет опасность и для работающих.

Легкие «уколы» при работе с сильно наэлектризованными материалами вредно влияют на психику работающих и в определенных ситуациях могут способствовать травмам на технологическом оборудовании. Сильные искровые разряды, возникающие, например, при затаривании гранулированных материалов, могут приводить к болевым ощущениям. Неприятные ощущения, вызываемые статическим электричеством, могут явиться причинами развития неврастения, головной боли, плохого сна, раздражительности, покалываний в области сердца и т.д. Кроме того, при постоянном прохождении через тело человека малых токов электризации возможны неблагоприятные физиологические изменения в организме, приводящие к профессиональным заболеваниям. Систематическое воздействие электростатического поля повышенной напряженности может вызывать функциональные изменения центральной нервной, сердечно-сосудистой и других систем организма.

Использование для одежды искусственных или синтетических тканей приводит также к накоплению зарядов статического электричества на человеке. В ГОСТ 29191 (МЭК 801-2-91) приводятся сведения о том, что синтетические ткани могут заряжаться до потенциала, равного 15 кВ. Поэтому ток, протекающий через тело человека, одетого в костюм или халат из синтетической ткани, может достигать 3 мкА. Прикосновение к заземленным участкам рабочего места или к незаряженному телу вызывает искровой разряд с силой тока до 30 А.

1.3 Воздействие статического электричества на ход технологических процессов

Статическое электричество сильно влияет также на ход технологических процессов получения и переработки материалов и качество продукции. При больших плотностях заряда может возникать электрический пробой тонких полимерных пленок электро- и радиотехнического назначения, что приводит к браку выпускаемой продукции. Особенно большой ущерб наносит вызванное электростатическим притяжением налипание пыли на полимерные пленки.

Электризация затрудняет такие процессы, как просеивание, сушку, пневмотранспорт, печатание, транспортировку полимеров, диэлектрических жидкостей, формирование синтетических волокон, пленок и т.п., автоматическое дозирование мелкодисперсных материалов, поскольку они прилипают к стенкам технологического оборудования и слипаются между собой.

1.4 Нормирование электростатических полей на рабочих местах

Допустимые уровни напряженности электростатических полей устанавливаются ГОСТ 12.1.045 и СанПиН 11-16-94.

Предельно допустимые уровни напряженности электростатического поля устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах и не должны превышать:

- при воздействии до 1 ч - 60 кВ/м;
- при воздействии от 1 до 9 ч - ПДУ определяется по формуле $E_{\text{пд}} = 60\sqrt{T}$,
где T - время, ч.

При напряженности электростатического поля менее 20 кВ/м время пребывания в электростатическом поле не регламентируется.

Средства защиты от статического электричества должны применяться во всех взрыво- и пожароопасных помещениях и зонах открытых установок, отнесенных по классификации ПУЭ к классам В-1, В-1а, В-1б, В-1г, В-П, В-Па, П-1, П-П.

При организации производства следует избегать процессов, сопровождающихся интенсивной генерацией зарядов статического электричества. Для этого необходимо правильно подбирать поверхности трения и скорости движения веществ, материалов, устройств, избегать процессов разбрызгивания, дробления, распыления, очищать горючие газы и жидкости от примесей и т.д.

Эффективным методом снижения интенсивности генерации статического электричества является **метод контактных пар**. Большинство конструктивных материалов по диэлектрической проницаемости расположены в *трибоэлектрические ряды* (растирание, заряды возникающие при трении) в такой последовательности, что любой из них приобретает отрицательный заряд при соприкосновении с последующим в ряду материалом и положительный - с предыдущим. При этом с увеличением расстояния в ряду между двумя

материалами абсолютная величина заряда, возникающего между ними, возрастает.

Безопасные скорости транспортировки жидких и пылевидных веществ в зависимости от удельного объемного электрического сопротивления нормируются Правилами устройства и эксплуатации средств защиты от статического электричества. Так, жидкости с $\rho_v < 10^5$ Ом•м можно перекачивать со скоростью до 10 м/с, с $\rho_v < 10^9$ Ом•м — до 5 м/с, а при $\rho_v > 10^9$ Ом•м допустимая скорость транспортировки не должна превышать 1,2 м/с.

Наиболее опасны по диэлектрическим и другим свойствам этиловый эфир, сероуглерод, бензол, бензин, этиловый и метиловый спирты.

Во взрывоопасных помещениях, где могут накапливаться заряды статического электричества, технологическое оборудование и коммуникации изготавливают из материалов, имеющих ρ_v не выше 10^5 Ом•м.

2. Методы защиты работников от статического электричества

Защита от статического электричества ведется по двум направлениям:

- уменьшением интенсивности генерации электрических зарядов;
- устранением уже образовавшихся зарядов.

Устранение уже образовавшихся зарядов достигается:

- заземлением металлических и электропроводных элементов оборудования;
- применением нейтрализаторов статического электричества;
- увеличением относительной влажности воздуха до 65 – 75%;
- увеличением поверхностной и объемной проводимости диэлектриков;
- удалением зон пребывания обслуживающего персонала от источников электростатических полей (ограничение времени).

Заземление относится к основным методам защиты от статического электричества и представляет собой преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Оно является наиболее простым, но необходимым средством защиты в связи с тем, что энергия искрового разряда с проводящих незаземленных элементов технологического оборудования во много раз выше энергии разряда с диэлектриков.

ГОСТ 12»4.124 предписывает, что заземление должно применяться на всех электропроводных элементах технологического оборудования и других объектов, на которых возможно возникновение или накопление электростатических

зарядов независимо от использования других средств защиты от статического электричества. Необходимо также *заземлять металлические вентиляционные короба и кожухи теплоизоляции аппаратов и трубопроводов, расположенных в цехах, наружных установках, эстакадах, каналах.* Причем указанные технологические линии должны представлять собой на всем протяжении непрерывную электрическую цепь, которая присоединяется к контуру заземления не менее чем в двух точках.

Величина сопротивления заземляющего устройства, предназначенного исключительно для защиты от статического электричества, должна быть не выше 100 Ом.

Особое внимание необходимо уделять заземлению передвижных объектов или вращающихся элементов оборудования, не имеющих постоянного контакта с землей. Например, передвижные емкости, в которые насыпают или наливают электризующиеся материалы, должны быть перед заполнением установлены на заземленные основания или присоединены к заземлителю специальным проводником до того, как будет открыт люк.

Нейтрализация зарядов статического электричества производится в тех случаях, когда не представляется возможным снизить интенсивность его образования технологическими и иными способами. Для этой цели используют *нейтрализаторы различных типов:*

- коронного (имеющий вид светящейся короны) разряда (индукционные и высоковольтные);
- радиоизотопные с α - и β - излучающими источниками;
- комбинированные, объединяющие в одной конструкции коронные и радиоизотопные нейтрализаторы;
- создающие поток ионизированного воздуха.

Наиболее простыми по исполнению являются *индукционные нейтрализаторы.* В большинстве случаев они представляют собой корпус или стержень с закрепленными на них заземленными разрядниками, представляющими собой иглы, струны, щеточки. В этих нейтрализаторах используется электрическое поле, создаваемое самим наэлектризованным материалом. Под действием этого поля вблизи разрядника возникает большой градиент электрического потенциала, достаточного для образования и поддержания ионизационных процессов в воздухе, что в конечном счете приводит к повышению его проводимости. Образующиеся ионы, одноименные по знаку с зарядом материала, отводятся на заземленные части оборудования или корпус нейтрализатора, а ионы противоположного заряда под действием электрического

поля обрабатываемого материала создают ток разряда на его поверхности, тем самым нейтрализуя образующиеся заряды.

Для снижения интенсивности электризации жидкостей используют *струнные* или *игольчатые нейтрализаторы*, которые за счет увеличения проводимости среды способствуют отеканию образующихся зарядов на заземленные стенки трубопроводов (оборудования) или корпус нейтрализатора.

Индукционные нейтрализаторы неэффективны при небольших потенциалах на материале (до 2,5 кВ), что характерно, как правило, для обработки твердых материалов. Кроме того, эти нейтрализаторы необходимо устанавливать на расстоянии от обрабатываемого материала не более 10-15 мм.

В *высоковольтных нейтрализаторах* коронного и скользящего разрядов в отличие от индукционных используется высокое напряжение до 5 кВ, подаваемое на разрядник от внешнего источника питания. Они характеризуются высокой эффективностью практически при любых скоростях обработки материалов и могут быть установлены на значительном расстоянии от наэлектризованного материала, так как сила ионизационного тока в них может достигать $2,5 \cdot 10^{-4}$ А на 1 м длины разрядника и выше. Однако необходимость использования высокого напряжения не позволяет применять их во взрывоопасных помещениях и производствах.

Во *взрывоопасных помещениях* всех классов рекомендуется использовать *радиоизотопные нейтрализаторы* на основе α -излучающих (плутоний-238, -239) типа НР и β -излучающих (третий) типа НТСЭ источников. Эти нейтрализаторы малогабаритны, просты по устройству и в обслуживании, имеют большой срок эксплуатации и радиационно безопасны. Использование их в промышленности не требует согласования с органами санитарного надзора.

Конструктивно радиоизотопные нейтрализаторы представляют собой металлический плоский или цилиндрический контейнер, в котором помещены поворачивающиеся или выдвигающиеся держатели источников излучения. В контейнере имеется окно, обращенное к электризируемому материалу, а сам он жестко закреплен на технологическом оборудовании. Контейнер снабжается блокирующим механизмом, исключающим снятие его с оборудования, если не закрыта заслонка, экранирующая излучатель.

Основным недостатком радиоизотопных нейтрализаторов является их ограниченный ионизационный ток ($3-7,5 \cdot 10^{-6}$ А/м).

В случаях, когда материал (пленка, ткань, лента, лист и т.п.) электризуется с высокой интенсивностью либо движется с большой скоростью и применение радиоизотопных нейтрализаторов не обеспечивает нейтрализацию статического

электричества, устанавливают комбинированные *индукционно-радиоизотопные нейтрализаторы* типа НРИ. Они представляют собой сочетание радиоизотопного и индукционного (игольчатого) нейтрализаторов либо взрывозащищенных индукционных, высоковольтных (постоянного и переменного тока), высокочастотных нейтрализаторов. Сила ионизационного тока таких нейтрализаторов не превышает $5 \cdot 10^{-5}$ А/м.

Весьма перспективными являются *пневмоэлектрические нейтрализаторы* марок ВЭН-0,5 и ВЭН-1,0 и *пневмордиоизотопные* марок ПРИН, в которых ионизированный воздух или какой-либо газ направляется в сторону наэлектризованного материала. Такие нейтрализаторы не только имеют повышенный радиус действия (до 1 м), но и обеспечивают нейтрализацию объемных зарядов в пневмотранспортных системах, аппаратах кипящего слоя, в бункерах, а также нейтрализацию статического электричества на поверхностях изделий сложной формы. Устройства для подачи ионизированного воздуха в данном случае во взрывоопасные помещения должны иметь на всем своем протяжении заземленный металлический экран.

В некоторых случаях эффективно использование *лучевых нейтрализаторов* статического электричества, которые обеспечивают ионизацию материала или среды под воздействием ультрафиолетового, лазерного, теплового, электромагнитного и других видов излучения.

Отвод зарядов статического электричества путем снижения удельного и поверхностного электрического сопротивления используют в тех случаях, когда заземление оборудования не предотвращает накопления зарядов до безопасной величины.

Для уменьшения удельного поверхностного электрического сопротивления диэлектриков можно **повысить относительную влажность воздуха до 65-70%**, если это допустимо по условиям производства. Для этой цели применяют общее или местное увлажнение воздуха в помещении при постоянном контроле его относительной влажности. При этом на поверхности твердых материалов образуется электропроводящая пленка воды, по которой отводятся заряды статического электричества на заземленное технологическое оборудование.

Однако этот метод не эффективен, если электризующийся материал гидрофобен (водобоязнь) или его температура выше температуры окружающей среды. В таких случаях можно дополнительно применять обработку полимерных материалов и химических волокон поверхностно-активными веществами.

Для снижения удельного объемного электрического сопротивления в диэлектрические жидкости и растворы полимеров (клеев) вводят различные растворимые в них *антиэлектростатические присадки (антистатики)*, в частности, соли металлов переменной валентности высших карбоновых, нафтеновые и синтетические жирные кислоты. К таким присадкам относятся «Сигбол», АСП-1, АСП-2, а также присадки на основе олеатов хрома, кобальта, меди, нафтенатов этих металлов, солей хрома и СЖК и т.д. За рубежом наибольшее применение нашли присадки, разработанные фирмами «Экко» и «Шелл» (присадка ASA-3).

Антиэлектростатические вещества должны обеспечивать снижение удельного объемного электрического сопротивления материала до величины 10^7 Ом•м, а удельного поверхностного — до величины 10^9 Ом•м.

Электрическое сопротивление твердых полимерных материалов (пластмасс, резин, пластиков и пр.) можно снизить, вводя в их состав различные электропроводящие материалы (технический углерод, порошки и т.д.).

Во взрывоопасных производствах для предотвращения опасных искровых разрядов статического электричества, возникающих на теле человека при контактном или индуктивном зарядении наэлектризованными материалами или элементами одежды, необходимо обеспечить отекание этих зарядов в землю. Для этого используют электропроводящие полы из материалов, у которых удельное объемное электрическое сопротивление не должно быть выше 10^6 Ом•м.

К непроводящим покрытиям относятся асфальт, резина, линолеум и др. Проводящими покрытиями являются бетон, пенобетон, ксилолит и т.д. Заземленные помосты и рабочие площадки, ручки дверей, поручни лестниц, рукоятки приборов, машин, механизмов, аппаратов являются дополнительными средствами отвода зарядов с тела человека.

К индивидуальным средствам защиты от статического электричества относятся *специальные электростатические обувь и одежда*. Для изготовления такой одежды должны применяться материалы с удельным поверхностным электрическим сопротивлением не более 10^7 Ом•м, а электрическое сопротивление между токопроводящим элементом антиэлектростатической одежды и землей должно быть от 10^6 до 10^8 Ом. Электрическое сопротивление между подпятником и ходовой стороной подошвы обуви должно быть от 10^6 до 10^8 Ом.

В некоторых случаях непрерывный отвод зарядов статического электричества с рук человека может осуществляться с помощью специальных заземленных браслетов и колец. При этом они должны обеспечивать электрическое сопротивление в цепи человек - земля от 10^6 до 10^7 Ом и свободу перемещения рук.

3. Молниезащита.

Возможность поражения объекта молнией в значительной степени определяется интенсивностью грозовой деятельности в той местности, где он расположен, и зависит от размеров и конфигурации объекта, его расположения, а также от геологических характеристик территории.

3.1 Виды воздействия молнии

Молния представляет собой электрический разряд длиной в несколько километров, развивающийся между грозовым облаком и землей или каким-либо наземным сооружением.

Различают *два вида воздействия молнии*: первичное, связанное с прямым ударом, и вторичное, вызываемое электромагнитной и электростатической индукцией. При прямом ударе могут возникать пожары, взрывы, разрушение конструкций, поражения людей, перенапряжение на проводах электрической сети. Сила тока в канале молнии достигает 200 кА, напряжение – 150 МВ, длина искры молнии составляет сотни и тысячи метров, температура возрастает до 6000—10 000 °С.

Линейная молния характеризуется очень большими величинами токов, напряжений и температуры разряда, поэтому воздействие молнии на человека, как правило, завершается очень тяжелыми последствиями, обычно – смертью. От удара молнии в мире в среднем ежегодно погибает около 3000 человек, причем известны случаи одновременного поражения нескольких человек. Разряд молнии проходит по пути наименьшего электрического сопротивления. Так как между высоким объектом и грозовым облаком расстояние и электрическое сопротивление меньше, то молния, как правило, ударяет в высокие объекты.

Удар молнии в землю или в расположенный на ней объект зависит от электропроводности поверхностных и нижележащих слоев грунта. Молния значительно чаще ударяет в глинистые и влажные участки, чем в сухие и песчаные, так как первые обладают большей электропроводностью.

Молния, ударяя в высокие растения, чаще поражает лиственные деревья (дуб, тополь, вербу, ясень), т. к. они содержат много крахмала. Липа, грецкий орех,

бук, хвойные деревья – ель, пихта, лиственница – содержат много масел, поэтому оказывают большее электрическое сопротивление и поражаются молнией реже. Частота ударов молнии в дерево зависит от его поверхности, качества кроны, коры, их влажности. Статистика показывает, что из 100 деревьев молнией поражаются 27 % тополя, 20 % груши, 12 % липы, 8 % ели и только 0,5 % кедра.

При ударе молнии - дерево расщепляется по следующему механизму: древесный сок и влага на участке прохождения разряда мгновенно испаряются и расширяются; при этом создаются огромные давления, разрывающие древесину. Аналогичный эффект, сопровождающийся разлетом щепок, может иметь место при ударе молнии в стену деревянного строения. Поэтому нахождение под высоким деревом во время грозы опасно.

Человек может быть поражен молнией не только при прямом попадании, которое всегда смертельно. **Опасно шаговое напряжение**, возникающее при растекании в земле тока разряда молнии. Радиус поражающего действия шагового напряжения достигает 30 метров. Опасны также перескоки разрядов молнии и индуцированные заряды. Перескоки разрядов происходят от объектов, в которые попала молния, на объекты расположенные рядом. Например, может произойти перескок разряда с высокого дерева на человека, стену дома и т. д., если последние расположены рядом с деревом. Заряды наводятся на хорошо проводящие предметы (например, металлические фермы, изгороди и т. д.) под действием электрического поля грозового облака. Таким образом, нахождение человека во время грозы вблизи объектов, часто поражаемых молнией (высоких деревьев, мачт, металлических предметов больших размеров, глинистых и влажных участков земли), представляет опасность.

Нахождение во время грозы в городе менее опасно, чем на открытой местности, так как стальные конструкции и высокие здания выполняют функцию молниеотводов. Молния часто поражает людей, работающих в поле, туристов. Опасно находиться во время грозы на воде или вблизи нее, так как вода и участки земли у воды имеют большую электропроводность и часто поражаются молнией.

В тоже время нахождение во время грозы внутри железобетонных зданий, металлических строений (например, металлических гаражей) безопасно для человека. Поэтому пассажиры внутри автомобиля с цельнометаллическим кузовом, трамвая, троллейбуса, вагона поезда находятся во время грозы в безопасности, пока не будут выходить наружу и открывать окна. Линейная молния довольно часто является причиной возникновения пожаров. Лесные

пожары, пожары жилых и производственных строений, особенно в сельской местности, наносят большой материальный ущерб и могут являться причиной гибели людей. В связи с этим необходимо принимать специальные меры защиты от поражения линейной молнией.

Если природа линейной молнии достаточно изучена и ее поведение предсказуемо, то природа **шаровой молнии** до сих пор не полностью ясна, а ее поведение не всегда находит объяснение. Хотя вероятность поражения человека шаровой молнией невелика, она представляет серьезную опасность, так как отсутствуют надежные методы и правила защиты от нее. *Она может неожиданно появляться где угодно, в том числе в закрытых помещениях. Достаточно часто проникает в здания через трубы, открытые окна и двери.*

Размеры шаровой молнии могут быть от нескольких сантиметров до нескольких метров. Обычно шаровая молния легко парит или катится над землей, иногда подсакивает. Шаровая молния реагирует на ветер, сквозняк, восходящие и нисходящие потоки воздуха. Шаровая молния может появиться и исчезнуть, не нанеся вреда человеку или помещению. Всякий контакт с человеком приводит к тяжелым травмам, ожогам, а в большинстве случаев к смертельному исходу. Шаровая молния часто взрывается. Возникающая при этом воздушная волна может травмировать человека или привести к разрушениям. Считается, что шаровая молния имеет температуру около 5000 °С и может вызвать пожар.

3.2 Молниезащита

Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом.

К этому комплексу относятся средства защиты, предохраняющие объект от вторичных воздействий молнии и заноса высокого потенциала.

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

Они разделяются на:

- отдельно стоящие, обеспечивающие растекание тока молнии минуя объекта;

- установленные на самом объекте. *При этом растекание тока происходит по контролируемым путям так, что обеспечивается низкая вероятность поражения людей, взрыва или пожара.*

Молниеотвод состоит из трех основных частей (рис. 10.2): молниеприемника (1), воспринимающего удар молнии, токоотвода (2), соединяющего молниеприемник с заземлителем (3), через который ток молнии стекает в землю. Молниеприемник размещается на мачте (4).

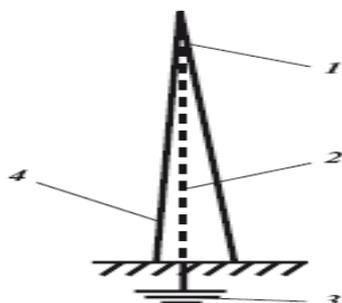


Рис. 10.2. Стержневой молниеотвод *1* – молниеприемник, *2* – токоотвод, *3* – заземление, *4* – мачта

Защита молниеотводом основана на свойстве молнии поражать наиболее высокие и хорошо заземленные металлические сооружения.

По типу *молниеприемника* молниеотводы разделяются на: - *стержневые (вертикальные), сетчатые и тросовые(горизонтальные протяженные).*

Стержневые и тросовые молниеотводы устанавливают либо на отдельно стоящих опорах, либо на опорах, связанных с конструкцией объекта. Сетчатые молниеотводы укладывают на крыше здания (рис. 10.3).

Защита молниеотводом основана на свойстве молнии поражать наиболее высокие и хорошо заземленные металлические сооружения.

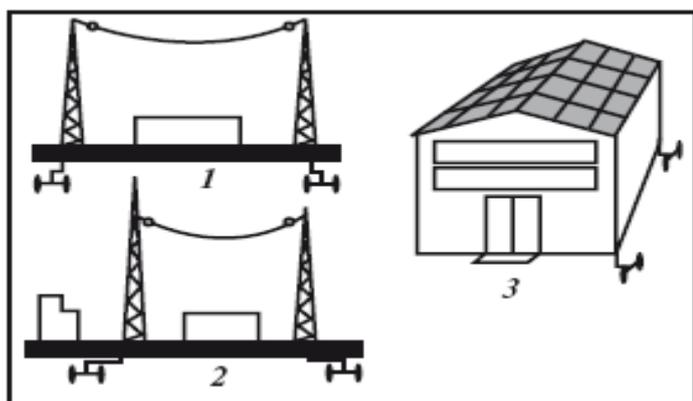


Рис. 10.3. Устройство молниеотводов: *1* – тросового, *2* – тросово-стержневого, *3* – сетчатого

Наиболее распространены стержневые и тросовые молниеприемники.

По количеству молниеприемников молниеотводы разделяются на одиночные, двойные и многократные.

Защита молниеотводом основана на свойстве молнии поражать наиболее высокие и хорошо заземленные металлические сооружения.

В окрестности молниеотвода образуется зона защиты, т. е. пространство, в пределах которого с высокой степенью надежности обеспечивается защита строения или какого-либо другого объекта от прямого удара молнии. Степень защиты в указанной зоне составляет более 95 %. Это означает, что из 100 ударов молнии в защищаемый объект возможно менее 5 случаев прямого попадания молнии, остальные удары будут восприняты молниеприемником.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода ограничивается образующими двух конусов, один из которых имеет высоту k , равную высоте молниеотвода, и радиус основания $R = 0,75k$, а другой – высоту $0,8k$ и радиус основания $1,5k$ (при радиусе основания второго конуса $R = k$ обеспечивается 99 % эффективности защиты).

Молниеприемники стержневых молниеотводов изготавливают из стали любого профиля, как правило круглого, сечением не менее 100 мм^2 и длиной не менее 200 мм. Для защиты от коррозии их окрашивают.

Молниеприемники тросовых молниеотводов изготавливают из металлических тросов диаметром около 7 мм.

Токоотводы должны выдерживать нагрев при протекании очень больших токов разряда молнии в течение короткого промежутка времени, поэтому необходимо небольшое сопротивление. Сечение токоотводов на воздухе должно быть не менее 48 мм^2 , а в земле – 160 мм^2 .

Если молниеотвод закреплен на крыше здания, то в качестве токоотводов могут использоваться металлические конструкции и арматура здания, например, металлические лестницы, расположенные с внешней стороны здания и ведущие на крышу. Токоотводы должны быть надежно соединены с молниеприемником и заземлителем.

Заземлители являются важнейшим элементом в системе молниезащиты. Они обеспечивают достаточно малое сопротивление растеканию тока молнии в грунт. В качестве заземлителя можно использовать зарытые в землю на глубину 2–2,5 м металлические трубы, плиты, мотки проволоки и сетки, куски металлической арматуры.

Молниеотводы устанавливают на возвышенностях, чтобы сократить путь молнии и увеличить размеры зоны защиты. Молниеотводами защищаются все

общественные здания, постройки для хранения материальных ценностей, одиночные строения, расположенные на возвышенностях, исторические и культурные ценности. Особое внимание уделяют молниезащите хранилищ пожаро- и взрывоопасных материалов, горючих жидкостей и газов. Для этого используют многократные молниеприемники путем установки по контуру защищаемого пространства множества молниеотводов.

3.3 Признаки грозы и действия перед грозой и во время грозы

Прежде всего нужно уметь предсказывать приближение грозы. При наличии грозовых признаков лучше воздержаться от поездок в лес, в поле или на водоем, желательно не удаляться далеко от дома. Если слышны дальние раскаты грома и видны вспышки молнии, то определить примерное расстояние до места грозовой активности можно по промежутку времени между вспышкой молнии и первым раскатом грома. Вспышку молнии мы видим практически сразу, так как свет распространяется со скоростью 300 000 км/с. Скорость распространения звука в воздухе равна 344 м/с, т. е. примерно за 3 секунды звук проходит 1 километр. Таким образом, разделив время в секундах между вспышкой молнии и последовавшим за ней первым раскатом грома на 3, определим примерное расстояние в километрах до грозы. Если эти промежутки времени уменьшаются, то гроза приближается и необходимо принять меры защиты. Молния опасна тогда, когда за вспышкой тут же следует раскат грома, т. е. грозовое облако находится над вами и опасность удара молнии наиболее велика.

Действия перед грозой и во время грозы должны быть следующими.

1. Не выходить из дома, закрыть окна, двери и дымоходы, позаботиться, чтобы не было сквозняка, который может привлечь шаровую молнию. Во время грозы не следует топить печку, так как дым, выходящий из трубы, имеет высокую электропроводность и вероятность удара молнии в возвышающуюся над крышей трубу возрастает.

2. Во время грозы нужно подальше держаться от электропроводки, антенн, окон, дверей и других предметов, связанных с внешней средой. Не следует находиться у стены, с внешней стороны которой на расстоянии менее 3 м располагается высокое дерево, так как при ударе молнии в дерево возможен перескок разряда молнии на стену дома.

3. Радио и телевизоры нужно отключить от сети, не следует пользоваться электроприборами и телефоном.

4. Если гроза застала вас во время прогулки, нужно спрятаться в ближайшем здании. Особенно опасна гроза в поле. При поиске укрытия отдайте

предпочтение металлической конструкции больших размеров или конструкции с металлической рамой, жилому дому или другой постройке, защищенной молниеотводом.

5. Если нет возможности укрыться в здании, не следует прятаться в небольших сараях, под одинокими деревьями.

6. Нельзя находиться на возвышенностях и открытых незащищенных местах, вблизи металлических или сетчатых оград, крупных металлических объектов, линий электропередачи, влажных стен, заземления молниеотвода и т. п. объектов, которые с большой степенью вероятности могут быть поражены молнией.

7. При отсутствии укрытия нужно лечь на землю; при этом предпочтение следует отдать сухому песчаному грунту, удаленному от водоема.

8. Густой лес без отдельных высоких деревьев – хорошая защита при грозе. Если гроза застала вас в лесу, необходимо укрыться на участке низкорослого леса. Нельзя укрываться под высокими деревьями, особенно соснами, дубами, тополями. Лучше находиться на расстоянии более 30 м от отдельного высокого дерева. Необходимо обратить внимание на деревья – нет ли деревьев, ранее пораженных грозой. Характерный признак удара молнии – расщепленное дерево. Лучше держаться подальше от пораженного дерева или участка леса с большим количеством пораженных деревьев. Обилие пораженных молнией деревьев свидетельствует, что грунт на данном участке имеет высокую электропроводность и удар молнии в этот участок местности очень вероятен.

9. Во время грозы нельзя находиться на воде и у воды – купаться, ловить рыбу. Необходимо отойти подальше от берега.

10. В горах необходимо держаться подальше от горных гребней, острых возвышающихся скал и вершин. При приближении грозы в горах нужно спуститься как можно ниже. Металлические предметы – альпинистские крючья, ледорубы, кастрюли, ножи и т. д. следует собрать в рюкзак и спустить на веревке на 20–30 м ниже по склону от места расположения.

11. Во время грозы не занимайтесь спортом на открытом воздухе, не бегайте, т. к. считается, что быстрое движение «притягивает» молнию.

12. Если гроза застала вас на велосипеде или мотоцикле, прекратите движение и переждите грозу на расстоянии примерно 30 м от транспортного средства.

13. Если гроза застала вас в автомобиле, то не нужно его покидать. Необходимо закрыть окна и опустить автомобильную антенну. Двигаться во время грозы на автомобиле не рекомендуется, так как гроза, как правило,

сопровождается ливнем, ухудшающим видимость на дороге, а вспышка молнии может ослепить и вызвать испуг и, как следствие, аварию.

14. При встрече с шаровой молнией нельзя проявлять по отношению к ней никакой агрессивности, по возможности нужно сохранять спокойствие и не двигаться. Не нужно приближаться к ней, касаться ее чем-либо, так как может произойти взрыв. Не следует убегать от шаровой молнии, так как можно повлечь ее за собой возникшим потоком воздуха.

В случае поражения пострадавшему необходимо немедленно оказать такую же помощь, как при ожоге и поражении электрическим током.