ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА И ОПАСНЫЕ ФАКТОРЫ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Атмосферное электричество образуется и концентрируется в облаках — образованиях из мелких водяных частиц, находящихся в жидком и твердом состоянии.

Площадь океанов и морей составляет 71 % поверхности земного шара. Каждый 1 см2 поверхности Земли в течение года в среднем получает 460 кДж солнечной энергии. Подсчитано, что из этого количества 93 кДж/(см\*год) расходуется на испарение воды с поверхности водных бассейнов. Поднимаясь вверх, водяные пары охлаждаются и конденсируются в мельчайшую водяную пыль, что сопровождается выделением теплоты парообразования (2260 кДж/л). Образовавшийся избыток внутренней энергии частично расходуется на эмиссию частиц с поверхности мельчайших водяных капелек. Для от

деления от молекулы воды протона (Н) требуется 5,1 эВ, для отделения электрона —12,6 эВ, а для отделения молекулы от кристалла льда достаточно 0,6 эВ, поэтому основными эмитируемыми частицами являются молекулы воды и протоны. Количество эмитируемых протонов пропорционально массе частиц. Результирующий поток протонов всегда направлен от более крупных капелек к мелким. Соответственно более крупные капельки приобретают отрицательный заряд, а мелкие — положительный. Чистая вода — хороший диэлектрик и заряды на поверхности капелек сохраняются длительное время. Более крупные тяжелые отрицательно заряженные капельки образуют нижний отрицательно заряженный слой облака. Мелкие легкие капельки объединяются в верхний положительно заряженный слой облака. Электростатическое притяжение разноименно заряженных слоев поддерживает сохранность облака как целого.

Эмиссия протонов возникает дополнительно при кристаллизации водяных частиц (превращении их в снежинки, градинки), так как при этом выделяется теплота плавления, равная 335 кДж/л. При соударениях капелек, снежинок, градинок работа ветра в конечном счете приводит к эмиссии протонов, к изменению величины заряда частиц. Следовательно, атмосферное электричество (АтЭ) и статическое электричество (СтЭ) имеют одинаковую физическую природу. Различаются они масштабом образования зарядов и знаком эмитируемых частиц (электроны или протоны).

О единстве природы АтЭ и СтЭ свидетельствуют опытные данные. Сухой снег представляет собой типичное сыпучее тело; при трении снежинок друг о друга и их ударах о землю и о местные предметы снег должен электризоваться, что и происходит в действительности. Наблюдения на Крайнем Севере и в Сибири показывают, что при низких температурах во время сильных снегопадов и метелей электризация снега настолько велика, что происходят зимние грозы, в облаках снежной пыли бывают видны синие и фиолетовые вспышки, наблюдается свечение остроконечных предметов, образуются шаровые молнии. Очень ;ильные метели иногда заряжают телеграфные провода так сильно, что подк:лючаемые к ним электролампочки светятся полным накалом. Те же явления наблюдаются во время сильных пыльных (песчанных) бурь.

Наличие множества взаимодействующих факторов дает сложную картину распределения зарядов АтЭ в облаках и их частях. По экспериментальным данным нижняя часть облаков чаще всего имеет отрицательный заряд, а верхняя — положительный, но может иметь место и противоположная полярность частей облака. Облака могут также нести преимущественно заряд одного знака.

Заряд облака (части облака) образуют мельчайшие одноименно заряженные частицы воды (в жидком и твердом состоянии), размещенные в объеме нескольких км3.

Электрический потенциал грозового облака составляет десятки миллионов вольт, но может достигать 1 млрд. В. Однако общий заряд облака равен нескольким кулонам.

Основной формой релаксации зарядов АтЭ является молния— электрический разряд между облаком и землей или между облаками (частями облаков). Диаметр канала молнии равен примерно 1 см, ток в канале молнии составляет десятки килоампер, но может достигать 100 кА, температура в канале молнии равна примерно 25 000°С, продолжительность разряда составляет доли секунды.

Молния является мощным поражающим опасным фактором. Прямой удар молнии приводит к механическим разрушениям зданий, сооружений, скал, деревьев, вызывает пожары и взрывы, является прямой или косвенной причиной гибели людей. Механические разрушения вызываются мгновенным превращением воды и вещества в пар высокого давления на путях протекания тока молнии в названных объектах. Прямой удар молнии называют *первичным воздействием атмосферного электричества.*

К *вторичному воздействию* АтЭ относят: электростатическую и электромагнитную индукции; занос высоких потенциалов в здания и сооружения.

Рассмотрим опасные факторы вторичного воздействия АтЭ. Образовавшийся электростатический заряд облака наводит (индукцирует) заряд противоположного знака на предметах, изолированных от земли (оборудование внутри и вне зданий, металлические крыши зданий, провода ЛЭП, радиосети и т. п.). Эти заряды сохраняются и после удара молнии. Они релаксируют обычно путем электрического разряда на ближайшие заземленные предметы, что может вызвать электротравматизм людей, воспламенение горючих смесей и взрывы. В этом заключается опасность *электростатической индукции.*

Явление *электромагнитной индукции* заключается в следующем. В канале молнии протекает очень мощный и быстро изменяющийся во времени ток. Он создает мощное переменное во времени магнитное поле. Такое поле индуцирует в металлических контурах электродвижущую силу разной величины. В местах сближения контуров между ними могут происходить электрические разряды, способные воспламенить горючие смеси и вызвать электротравматизм.

*Занос высоких потенциалов* в здание происходит в результате прямого удара молнии в металлокоммуникации, расположенные на уровне земли или над ней вне зданий, но входящие внутрь зданий. Здесь под металлокоммуникациями понимают рельсовые пути, водопроводы, газопроводы, провода ЛЭП и т. п. Занесение высоких потенциалов внутрь здания сопровождается электрическими разрядами на заземленное оборудование, что может привести к воспламенению горючих смесей и электротравматизму людей.

ЗАЩИТА ОТ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Требуемая степень защиты зданий, сооружений и открытых установок от воздействия атмосферного электричества зависит от взрывопожароопасности названных объектов и обеспечивается правильным выбором категории устройства молниезащиты и типа зоны защиты объекта от прямых ударов молнии.

Степень взрывопожароопасности объектов оценивается по классификации Правил устройства электроустановок (ПУЭ). Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты СН 305— 77 устанавливает три категории устройства молниезащиты (I, II, III) и два типа (А и Б) зон защиты объектов от прямых ударов молнии. Зона защиты типа А обеспечивает перехват на пути к защищаемому объекту не менее 99,5 % молний, а типа Б — не менее 95 %.

*По I категории* организуется защита объектов, относимых по классификации ПУЭ к взрывоопасным зонам классов В-1 и В-П (см. гл. 20). Зона защиты для всех объектов (независимо от места расположения объекта на территории СССР и от интенсивности грозовой деятельности в месте расположения) применяется только типа А.

*По II категории* осуществляется защита объектов, относимых по классификации ПУЭ к взрывоопасным зонам классов В-1а, В-16 и В-Па. Тип зоны защиты при расположении объектов в местностях со средней грозовой деятельностью 10 ч и более в год определяется по расчетному количеству *N* поражений объекта молнией в течение года:

при N<=1 достаточна зона защиты типа Б; при *N>* 1 должна обеспечиваться зона защиты типа А. Порядок расчета величины *N* показан в нижеприведенном примере. Для наружных технологических установок и открытых складов, относимых по ПУЭ к зонам класса В-1г, на всей территории СССР (без расчета N) принимается зона защиты типа Б.

*По III категории* организуется защита объектов, относимых по ПУЭ к пожароопасным зонам классов П-1, П-2 и П-2а. При расположении объектов в местностях со средней грозовой деятельностью 20 ч и более в год и при *N>* 2 должна обеспечиваться зона защиты типа А, в остальных случаях — типа Б. По III категории осуществляется также молниезащита общественных и жилых зданий ,башен, вышек, труб, предприятий, зданий и сооружений сельскохозяйственного назначения. Тип зоны защиты этих объектов определяется в соответствии с указаниями СН 305—77.

Объекты I и II категорий устройства молниезащиты должны быть защищены от всех четырех видов воздействия атмосферного электричества, а объекты III категории — от прямых ударов молнии и от заноса высоких потенциалов внутрь зданий и сооружений.

*Защита от электростатической индукции* заключается в отводе индуцируемых статических зарядов в землю путем присоединения металлического оборудования, расположенного внутри и вне зданий, к специальному заземлителю или к защитному заземлению электроустановок; сопротивление заземлителя растеканию тока промышленной частоты должно быть не более 10 **Ом.**

*Для защиты от электромагнитной индукции* между трубопроводами и другими протяженными металлокоммуникациями в местах их сближения на расстояние 10 см и менее через каждые 20 м устанавливают (приваривают) металлические перемычки, по которым наведенные токи перетекают из одного контура в другой без образования электрических разрядов между ними.

*Защита от заноса высоких потенциалов* внутрь зданий обеспечивается отводом потенциалов в землю вне зданий путем присоединения металлокоммуникации на входе в здания к заземлителям защиты от электростатической индукции или к защитным заземлениям электроустановок.

*Для защиты объектов от прямых ударов молнии* сооружаются молниеот-воды, принимающие на себя ток молнии и отводящие его в землю.

Объекты I категории молниезащиты защищают от прямых ударов молнии отдельно стоящими стержневыми, тросовыми молниеотводами или молниеотводами, устанавливаемыми на защищаемом объекте, но электрически изолированными от него.

Отдельно стоящий стержневой молниеотвод (рис. 18.5, а) состоит из опоры 1 (высотой до 25 м — из дерева, до 5м — из металла или железобетона), молниеприемника *2* (стальной профиль сечением не менее 100 мм2), токоотвода *3* (сечением не менее 48 мм2) и заземлителя

*4.* Зона защиты молниеотвода представляет собой объем конуса, высота которого равна 0,8\*5 им для зоны, типа А и 0,92 им — типа Б (им — высота молниеотвода). На уровне земли зона защиты образует круг радиусом Го, для зоны типа А го==(1,1—0,002/1м)Ам, для зоны типа Б Го==1,5/1м.

В тросовом молниеотводе (рис. 18.5, б) в качестве молниеприемника используется горизонтальный трос, который закрепляется на двух опорах. Токоотводы присоединяются к обоим концам троса, прокладываются по опорам и присоединяются каждый к отдельному заземлителю.

При установке молниеотвода на здании должно быть обеспечено безопасное расстояние Sв по воздуху между токоотводом и защищаемым объектом, исключающее возможность электроразряда между ними (рис. 18.5, в). Кроме того, для предупреждения заноса высоких потенциалов через грунт должно быть обеспечено безопасное расстояние Sз между заземлителем и металлокоммуникациями , входящими в здание (см. рис. 18.5, а); оно определяется по формуле Sз==0,5 Rи и должно быть не менее 3 м; Rн — импульсное электросопротивление заземлителя.

Импульсное электросопротивление заземлителя для каждого токоотвода на объектах I категории защиты должно быть не более 10 Ом.

Типовые конструкции заземлителей, удовлетворяющие этому требованию, приведены в инструкции СН 305—77.

Для защиты от ударов молнии объектов II категории применяют отдельно стоящие или установленные на защищаемом объекте не изолированные от него стержневые и тросовые молниеотводы. Допускается использование в качестве молниеприемника металлической кровли здания или молниеприемной сетки (из проволоки диаметром 6...8 мм и ячейками 6Х6 м), накладываемой на неметаллическую кровлю (рис. 18.5, г).

 В качестве токоотводов рекомендуется использовать металлические конструкции зданий и сооружений, вплоть до пожарных лестниц на зданиях. Импульсное сопротивление каждого заземлителя должно быть не более 10 Ом, для наружных установок — не более 50 Ом.

Защита объектов III категории от прямых ударов молнии организуется так же, как для объектов II категории, но требования к заземлителям ниже:

импульсное электросопротивление каждого заземлителя не должно превышать 20 Ом, а при защите дымовых труб, водонапорных и силосных башен, пожарных вышек—50 Ом.