МИНИCТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

**В.Н. Черкасов, В.И. Зыков, А.Н. Петренко, В.Е. Мереняшев**

**ЛЕКЦИЯ № 17**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Пожарная безопасность электроустановок»**

Специальность 20.05.01 «Пожарная безопасность»

Ростов-на-Дону

2020

**Учебные вопросы**

1. **Способы устранения опасности статического  
   электричества.**
2. **Технико-экономическая эффективность решений противопожарной защиты электроустановок, молниезащиты и защиты от статического электричества.**

**Учебный вопрос №1. Способы устранения опасности статического электричества.**

Согласно действующим правилам ,защита от разрядов статического электричества должна осуществляться во взрыво- и пожароопасных производствах с наличием зон классов 0, 1, 2, 20, 21, 22, П-I и П-II, в которых применяются и вырабатываются вещества с удельным объемным электрическим сопротивлением, превышающим 105 Ом⋅м. В остальных случаях защита осуществляется лишь тогда, когда статическое электричество представляет опасность для обслуживающего персонала, отрицательно влияет на технологический процесс или качество продукции. **Основными средствами и способами устранения опасности от статического электричества (в соответствии со степенью эффективности и частотой применения) являются:**

заземление оборудования, коммуникаций, аппаратов и сосудов, а также обеспечение постоянного электрического контакта с заземлением тела человека;

уменьшение удельного объемного и поверхностного электрического сопротивления путем повышения влажности воздуха или применения антистатических примесей;

ионизация воздуха или среды, в частности, внутри аппарата, сосуда и т.д.

Кроме этих способов прибегают к дополнительным, дающим в конкретных случаях нужный эффект при операциях с жидкими, газообразными и сыпучими материалами и веществами: предотвращение образования взрывоопасных концентраций, ограничение скорости движения жидкости, замена ЛВЖ на негорючие растворители и т.д.

**Заземление**

**Заземление** – наиболее часто применяемое средство защиты от статического электричества, его целью является устранение формирования электрических разрядов с проводящих элементов объекта защиты [54]. Поэтому все проводящие части оборудования и электропроводные неметаллические предметы подлежат обязательному заземлению, независимо от того, применяются ли другие способы защиты от статического электричества. Заземлять следует не только те части оборудования, которые участвуют в генерировании, но и все другие, так как они могут зарядиться по законам электростатической индукции. Во многих случаях индуцированные заряды более опасны, чем заряды, которые являются причиной их образования.В случаях, когда оборудование выполнено из проводящих электрический ток материалов, заземление является основным и почти всегда достаточным способом защиты. Особенно эффективно заземление токопроводящих частей оборудования при переработке веществ с удельным сопротивлением не более 108 Ом⋅м для жидкостей и 107 Ом⋅м для твердых тел. Если же на внешней поверхности или внутренних стенках металлических аппаратов, резервуаров и трубопроводов образуются отложения непроводящих веществ (смолы, пленки, осадки), заземление становится неэффективным и создается ложное впечатление о надежности и безопасности. Заземление не устраняет опасности и в случае применения аппаратов с эмалированными и другими неэлектропроводящими покрытиями.Неметаллическое оборудование считается электростатически заземленным, если сопротивление растеканию тока на землю с любых точек его внешней и внутренней поверхности не превышает 107 Ом при относительной влажности воздуха не выше 60 %. Такое сопротивление обеспечивает необходимое значение постоянной времени релаксации в пределах десятой доли секунды в невзрывоопасной и тысячные доли секунды во взрывоопасной среде. Постоянная времени релаксации τ связана с сопротивлением *r* заземления предмета или оборудования и его емкостью *С* соотношением τ = *rС*.

Если емкость *С* мала, сопротивление растеканию тока может быть выше 107 Ом. С учетом этой величины рассчитываются максимально допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств.

Трубопроводы наружных установок (на эстакадах или в каналах), оборудование и трубопроводы, расположенные в цехах, должны представлять на всем протяжении непрерывную электрическую цепь и присоединяться к заземляющим устройствам. Считается, что электрическая проводимость фланцевых соединений трубопроводов и аппаратов, соединений крышек с корпусами аппаратов и т.п. достаточно высока (обычно не более 10 Ом) и не требуется установки специальных параллельных перемычек.

Каждая система аппаратов и трубопроводов в пределах цеха должна быть заземлена не менее чем в двух местах. Все резервуары и емкости вместимостью более 50 м3 и диаметром более 2,5 м заземляют не менее чем в двух противоположных точках. На поверхности горючих жидкостей в резервуарах не должно быть плавающих предметов.

**Уменьшение объемного и поверхностного удельных  
электрических сопротивлений**

**Повышение относительной влажности воздуха.** Большинство пожаров от искр статического электричества происходит обычно зимой, когда относительная влажность воздуха низка. При относительной влажности воздуха выше 65-70 %, как показывают исследования и практика, число вспышек и загораний становится незначительным.

Ускорение стекания электростатических зарядов с диэлектриков при высокой влажности воздуха связывают с тем, что на поверхности  
гидрофильных диэлектриков адсорбируется тонкая пленка влаги, содержащая обычно большое количество ионов из загрязнений и растворенного вещества, за счет которых обеспечивается достаточная поверхностная электропроводность электролитического характера. Электропроводность адсорбированной пленки влаги при прочих равных условиях определяется ее толщиной и в связи с этим в значительной степени зависит от относительной влажности воздуха. Чем она выше, тем толще пленка. Водные пленки толщиной 10-5 см визуально нельзя обнаружить, однако они увеличивают поверхностную электропроводность диэлектрика и способствуют утечке зарядов. Поэтому поверхностное сопротивление диэлектрика уменьшается. Однако если материал находится при более высокой температуре, чем та, при которой пленка может удерживаться на поверхности, указанная поверхность не может стать проводящей даже при очень высокой влажности воздуха. Эффект также не будет достигнут, если заряженная поверхность диэлектрика гидрофобна (сера, парафин, масла и другие углеводороды) или скорость ее перемещения больше, чем скорость образования поверхностной пленки. Таким образом, способ увлажнения воздуха не всегда эффективен.Увеличение влажности воздуха достигается распылением водяного пара или воды, циркуляцией влажного воздуха, а иногда свободным испарением с поверхности воды.

**Химическая обработка поверхности, электропроводные покрытия.** Снижение удельного поверхностного сопротивления полимерных материалов может быть достигнуто химической обработкой поверхности кислотами (например, серной или хлорсульфоновой). В результате этого поверхности полимера (полистирол, полиэтиленовые и полиэфирные пленки) окисляются или сульфируются. При этом удельное поверхностное сопротивление снижается до 106 Ом при относительной влажности воздуха 75 %.

Положительный эффект достигается и при обработке изделий из полистирола и полиолефинов погружением образцов в петролейный эфир при одновременном воздействии ультразвуком. Методы химической обработки эффективны, но требуют точного соблюдения технологических условий.

Иногда необходимый эффект достигается нанесением на диэлектрик поверхностной хорошо проводящей пленки. Например, металлические тонкие пленки получают распылением, разбрызгиванием или испарением в вакууме или наклеиванием металлической фольги. Пленки на углеродной основе получают распылением углерода в жидкой среде или порошка (частицы меньше 1 мкм).

**Применение антистатических веществ.** Большинство горючих и легковоспламеняющихся жидкостей характеризуется высоким удельным электрическим сопротивлением. Поэтому при некоторых операциях, например с нефтепродуктами, происходит накопление зарядов статического электричества, которое не только препятствует интенсификации технологических операций, но и служит источником многочисленных взрывов и пожаров на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях.

Движение жидких углеводородов относительно твердого, жидкого или газообразного тела может привести к разделению электрических зарядов на поверхности соприкосновения. При движении жидкости по трубе слой находящихся на поверхности жидкости зарядов уносится ее потоком, а заряды противоположного знака остаются в трубе и, если металлическая труба заземлена, стекают в землю. Если металлический трубопровод изолирован или изготовлен из диэлектрических материалов, он приобретает положительный заряд, а жидкость – отрицательный

**Ионизация воздуха**

Сущность этого способа заключается в нейтрализации или компенсации поверхностных электрических зарядов ионами разного знака, которые создают специальные приборы, называемые нейтрализаторами. Ионизация воздуха осуществляется двумя способами: электрическим полем с высокой напряженностью *Е* и радиоактивным излучением.

Принцип работы нейтрализаторов состоит в том, что они создают вблизи наэлектризованного диэлектрика положительные и отрицательные ионы. Ионы, имеющие полярность, противоположную полярности зарядов наэлектризованного материала, под действием электрического поля оседают на поверхности диэлектрика, нейтрализуя его.

Ионизация воздуха электрическим полем с высокой напряженностью получается от нейтрализаторов двух типов: индукционных и высоковольтных.

**Индукционные нейтрализаторы** очень просты и давно применяются. Существуют индукционные нейтрализаторы с остриями и проволочные. В нейтрализаторе с остриями (рис. 9.4, *а*) в деревянном или металлическом стержне укреплены заземленные острия, тонкие проволочки или фольга. У проволочного нейтрализатора (рис. 9.4, *б*) вместо острия применена тонкая стальная проволочка, натянутая поперек движущегося заряженного материала

**Высоковольтные нейтрализаторы** работают на переменном, постоянном и токе высокой частоты. Они состоят из трансформатора с высоким выходным напряжением и игольчатого разрядника

**Радиоизотопные нейтрализаторы о**чень просты по устройству, не требуют источника питания, достаточно эффективны и безопасны при использовании в пожаровзрывоопасных средах

**Дополнительные способы уменьшения опасности  
от статической электризации**

Рассмотренные способы уменьшения опасности статической электризации могут оказаться иногда малоэффективными или неприемлемыми во взрывоопасных производствах. Поэтому может возникнуть необходимость создания условий, исключающих образование взрывоопасных концентраций, например, применение в резервуарах плавающих крыш, заполнение свободного пространства в аппаратах азотом или углекислотой, применение постоянно действующей вентиляции с высокой кратностью обмена воздуха, а также автоматическое включение аварийной вентиляции и т.п.

Иногда удовлетворительные результаты дает подбор контактных пар, изменение отдельных операций или замена горючих жидкостей на негорючие. Опасность статической электризации легковоспламеняющихся и горючих жидкостей может быть значительно снижена или даже устранена, например, уменьшением скорости потока *v*. Эффективность этого способа объясняется тем, что при ламинарном потоке степень электризации пропорциональна скорости движения и не зависит от диаметра трубопровода *D*т, а при турбулентном потоке она пропорциональна скорости жидкости *v* в степени 1,75 и диаметру трубопровода в степени 0,75. При этом статическое электричество более интенсивно возникает в трубопроводах с шероховатой поверхностью.

**УЧЕБНЫЙ ВОПРОС №2. Технико-экономическая эффективность решений противопожарной защиты электроустановок, молниезащиты и защиты от статического электричества.**

Системы пожарной безопасности должны характеризоваться экономическими критериями эффективности, с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла объектов.

Эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности объектов является обязательным условием при технико-экономическом обоснование мероприятий и решений, направленных на повышение пожарной безопасности.

Эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности определяются как социальными (оценка соответствия фактического положения установленному социальному нормативу), так и экономическими показателями (оценка достигаемого экономического результата).

**Общие подходы к оценке эффективности противопожарной защиты электроустановок, молниезащиты и защиты от статического электричества**

**Обобщенным показателем эффективности противопожарной защиты электроустановок молниезащиты и защиты от статического электричества является :**

*Сmax* = (*С*пр/*С*з)η, (10.1)

где *Сmax* – обобщенный показатель эффективности применения защиты;  
*С*пр – результат применения защиты; *С*з – суммарные затраты на защиту;   
η – показатель, учитывающий социальные аспекты защиты, η > 1.

Защиту можно считать целесообразной при *С* > 1. Результат применения защиты характеризуется математическим ожиданием предотвращенного ущерба:

*С*пр = *С*о*Р*экстр*Р*ппз α, (10.2)

где *С*о – общая стоимость защищаемых материальных ценностей; *Р*экстр – вероятность возникновения экстремальной пожаровзрывоопасной ситуации; *Р*ппз – вероятность того, что применяемая защита предотвратит пожар или взрыв; α – коэффициент, характеризующий степень убытка от общей стоимости *С*о в случае пожара или взрыва.

Стоимость защищаемых материальных ценностей, как правило, известна.

Вероятность возникновения пожаровзрывоопасной ситуации может быть определена на основании статистических данных. Коэффициент α = 1 в том случае, когда возникший пожар или взрыв уничтожает все защищаемые материальные ценности; α < 1 в случаях, когда материальные ценности уничтожаются частично. Он определяется или устанавливается для каждого объекта или группы характерных объектов.

Вероятность того, что применяемая защита предотвратит пожар или взрыв, зависит от характеристик технических решений защиты и степени ее соответствия для заданного объекта:

*Р*ппз = *K*г *K* с, (10.3)

где *K*г – коэффициент готовности защиты; *K*с – коэффициент соответствия выбранной защиты заданному объекту по требованиям, обеспечивающим предотвращение пожара или взрыва.

В свою очередь,

*K*г = *Т*н.о/ (*Т*н.о + *Т*в), (10.4)

где *Т*н.о – время наработки на отказ защиты; *Т*в – время восстановления отказа защиты.

суммарные затраты на противопожарную защиту электроустановок, молниезащиту и защиту от статического электричества защиту составят:

*С*з = *С*тcз + *С*м + *С*э, (10.6)

где *С*тcз – затраты на приобретение технических средств защиты; *С*м – стоимость монтажных работ; *С*э – стоимость эксплуатации защиты в течение заданного времени.

Значение *С*тсз и *С*м определяются на основании соответствующих прейскурантов и каталогов цен покупных изделий и монтажных работ.

Эксплуатационные расходы равны:

*С*э = *С*п + *С*р*n*, (10.7)

где *С*п – стоимость профилактических работ, предупреждающих отказы;  
*С*р – стоимость восстановления одного отказа защиты; *n* – число отказов.

Повышение *K*г приводит к снижению стоимости текущего ремонта при эксплуатации за счет снижения числа отказов (*n*1-*n*2) < *n*.

Следовательно,

*С*э = *С*п + *С*р (*n*1-*n*2) (10.8)

при

*n*1 = 1/*Т*1 = **τ; *n*2 = 1/*Т*2 = τ,

где ,  – соответственно интенсивности отказов, соответствующие *K*г1 и *K*г2; τ – рассматриваемый промежуток времени.

Важным для оценки эффективности защиты электроустановок, молниезащиты и защиты от статического электричества является показатель, учитывающий социальные аспекты защиты: опасность пожаров и взрывов для жизни людей и влияние их на моральное состояние людей, как правило, снижающее их общественную активность и производительность труда.