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 № 16**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Пожарная безопасность электроустановок»**

Специальность 20.05.01 «Пожарная безопасность»

Ростов-на-Дону

2022

**Учебные вопросы**

1. **Общие представления об электризации.**
2. **Воспламеняющая способность искр статического электричества и его физиологическое воздействие на организм человека.**
3. **Приборы для измерения параметров статического электричества.**

**УЧЕБНЫЙ ВОПРОС №1. Общие представления об электризации.**

**Статическое электричество** – это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и реализацией свободно электрического разряда на поверхности или в объеме диэлектриков или на изолированных проводниках .

Ряд производственных процессов с участием твердых, жидких или газообразных диэлектрических сред сопровождается статической электризацией, т.е. возникновением и разделением положительных и отрицательных зарядов. Иногда эти заряды быстро стекают в землю, рассеиваются или нейтрализуются. В других случаях они накапливаются и создают поле с высокой электрической напряженностью, обусловливающее электрические разряды (пробои воздуха или среды). В производствах, связанных с применением легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, газов с наличием горючих пылей и волокон, искровые разряды статического электричества могут вызвать взрыв и пожар. В некоторых случаях статическое электричество приводит к браку продукции, препятствует увеличению скорости работы машин и аппаратов и, следовательно, повышению производительности труда. При определенных условиях разряды статического электричества причиняют травмы обслуживающему персоналу.

Ниже приведены потенциалы от электрического поля статического электричества, кВ.

В кинофотопленочной промышленности – 15 и выше;

На предприятиях резиновой промышленности и искусственной   
кожи – 10-15;

В производствах, связанных с размолом, тонким добавлением и т.д. – 10-15;

При разбрызгивании красок – 10;

При трении целлулоида – 40;

При движении резиновой ленты транспортера (со скоростью 4 м/с) – 45;

При фильтрации смеси бензина с асфальтом через шелк – 335.

Токи при статической электризации составляют обычно несколько микроампер и даже меньше. Так, при протекании к цистернам бензина по трубопроводу был измерен ток от 1 до 10 мкА и этот ток оказался прямо пропорционален скорости течения бензина.

Статическое электричество может накапливаться и на людях, особенно если на человеке обувь с непроводящими электричество подошвами, одежда и белье из шерсти, шелка и искусственного волокна, а также при движении по токонепроводящему полу и при выполнении ручных операций с диэлектриками. Потенциал изолированного от земли тела человека может превышать 7 кВ. Иногда (в зависимости от вида полимера и интенсивности трения частей костюма) этот потенциал может достигать 14-45 кВ.

Гипотеза о контактной разности потенциалов не может дать количественной, а иногда и качественной оценки процесса электризации. Однако наряду с этой гипотезой имеются и другие, где образование двойного электрического слоя объясняется поверхностной ориентацией нейтральных молекул, содержащих электрические диполи, пьезоэлектрическими явлениями, трением или образованием электролита на контактирующих поверхностях и т.д. Таким образом, при статической электризации могут наблюдаться процессы, которые пока еще изучены недостаточно, поэтому для борьбы со статическим электричеством в конкретных условиях требуются предварительные экспериментальные исследования и проверка предложенных защитных мер.

**УЧЕБНЫЙ ВОПРОС №2. Воспламеняющая способность искр статического электричества и его физиологическое воздействие на организм человека.**

Когда на разделенных поверхностях веществ образуются электрические заряды *Q* и эти поверхности становятся пластинами конденсатора с емкостью *С*, между ними возникает напряжение *U*, равное

*U = Q / C*, (9.1)

где *U* – напряжение, В; *С* – емкость, Ф; *Q* – заряд, Кл.

Энергия искры (*W*и, Дж), способной возникнуть под действием этого напряжения (или напряжения между пластиной и каким-либо заземленным предметом), может быть оценена по запасенной конденсатором энергии

*W*и = 0,5 *СU*2, (9.2)

поэтому воспламеняющую способность искровых зарядов характеризуют в основном их энергией. Однако формула (9.2) не может быть использована для расчета энергии разряда между заряженными диэлектрическими поверхностями, так как только часть накопленного заряда на диэлектрике может быть перенесена в разряде.

Реальная воспламеняющая способность электрической искры зависит от концентрации, температуры и давления взрывоопасной смеси. Условием воспламенения (взрыва) такой смеси от искры статического электричества является следующее:

*W*и*W*min, (9.5)

где *W*и – энергия разряда статического электричества с заряженного материала (зависит от свойств материала, конструкции аппарата, технологического процесса и др.); *W*min – минимальная энергия зажигания горючей смеси, образование которой возможно в данном технологическом процессе (зависит только от свойств горючей смеси и является характеристикой чувствительности ее к воспламенению), определяется экспериментально.

**Таким образом, статическое электричество может вызвать воспламенение взрывоопасной смеси при совокупности следующих условий:**

наличии источника статических электрических разрядов;

накоплении значительных зарядов на контактирующих поверхностях;

достаточной разности потенциалов для электрического пробоя среды;

наличии достаточной запасенной электрической энергии;

возможности возникновения электрических разрядов.

Отсутствие любого из условий исключает пожаровзрывоопасные последствия статического электричества.

Условие безопасности от статического электричества может быть выражено неравенством

*W*и  0,4*W*min. (9.6)

В пожаро- и взрывоопасных производствах реальную опасность представляет «контактная» электризация людей, работающих с движущимися диэлектрическими материалами (при прорезинивании тканей, покрытии резиной кордов на каландрах, обработке синтетических тканей и нитей, полимерных пленок и т.д.). На человеке накапливается статическое электричество, которое при соприкосновении человека с заземленным предметом вызывает искры и воспламенение смеси. Энергия разряда этой искры может составлять 2,5-7,5 мДж. Кроме того, такое электричество оказывает неприятное физиологическое воздействие на человека, вызывая слабые, умеренные или сильные уколы или удары, зависящие от энергии разряда. Так как ток при этом незначителен, уколы и удары непосредственную опасность для человека не представляют. Но известны случаи с тяжелым исходом, когда искра, проскакивающая между телом человека и заряженным объектом, вызывает испуг, сопровождающийся непроизвольными нескоординированными движениями и соприкосновением с неогороженными вращающимися частями машин, падение с высоты и т.п. Длительное воздействие статического электричества является причиной ряда заболеваний.

Исследованиями установлены допустимые уровни напряженности электростатических полей на рабочих местах и сформулированы технические требования к средствам защиты, обеспечивающим снижение вредного воздействия полей на человека [48, 49, 50, 15]. Время ***t*** пребывания на рабочем месте ограничивается при напряженности поля 20 кВ/м или более. Так при **60 кВ/м *t*=1 ч**, а при **20 кВ/м *t*=9 ч**. Промежуточные значения ***Е*доп** в пределах временного интервала от **1** до **9 часов** определяют по формуле ***Е*доп=60/.** Сверхнормативное систематическое воздействие на организм человека электростатического поля может вызвать функциональные изменения центральной нервной, сердечно-сосудистой, нейрогуморальной и других систем организма.

Чтобы исключить формирование воспламеняющих разрядов с человека, необходимо обеспечить быструю утечку зарядов. С этой целью уменьшают сопротивление обуви и пола. В производствах, где существует опасность воспламенения взрывоопасных смесей разрядом с человека, необходимо обеспечивать работающих электропроводящей (антистатической) обувью (например, с кожаным верхом и подошвой из электропроводящей резиновой пластины).

Обувь считается электропроводящей, если электрическое сопротивление между электродом в форме стельки, находящимся внутри обуви, и наружным электродом меньше 107 Ом.

Покрытие пола считается электропроводящим из бетона толщиной 3 см, спецбетона или пенобетона, ксилолита, настила из антистатической резины и т.д.

Особое внимание устранению электрического заряда с человека следует уделять при выполнении некоторых ручных операций (промывка, чистка, протирка, проклеивание, прорезинивание) с применением бензина, бензола, ацетона, резинового клея и т.п.

**УЧЕБНЫЙ ВОПРОС №3. Приборы для измерения параметров статического электричества.**

**Приборы для измерения параметров статического  
электричества**

Электрические измерения необходимы для изучения причин и условий электризации и постоянного контроля электростатических величин: разности потенциалов ***U*** между заряженным телом и землей или заземленными предметами; поверхностной плотности электрических зарядов σ и напряженности электрического поля ***Е***.

Указателями электрических потенциалов служат различные механические (лепестковые, стрелочные, струнные, квадрантные) и электронные электрометры. В механических электрометрах измеряемый заряд подается на один из пары электродов, кулоновское взаимодействие которых фиксируется различными методами. Например, принцип действия квадрантных электрометров положен в основу электростатических вольтметров. Электростатический заряд воздействует на подвижный секторный электрод, который под воздействием кулоновских сил перемещается. По углу поворота судят о величине измеряемого напряжения

По условиям пожаро- и взрывобезопасности приборы для электростатических измерений во взрывоопасных зонах должны иметь соответствующий уровень и вид взрывозащиты, а их датчики (в частности, у переносных приборов) должны соответствовать требованиям электростатической искробезопасности. Датчик прибора считают **искробезопасным** для данной взрывоопасной смеси, если искровой разряд на него с металлического электрода, имеющего потенциал 50 кВ и емкость 60-100 пФ, вызывает воспламенение этой смеси с вероятностью не более 10-3 (либо энергия этих зарядов, по крайней мере, в 2,5 раза меньше энергии воспламенения смеси).Так, датчик прибора ИСПИ-4 с отклонением электронного потока в вакууме покрыт толстым слоем диэлектрика (фторопластом), что обеспечивает электростатическую искробезопасность. В приборе СМ-2/С-59 взрывозащита достигнута путем заключения электростатического вольтметра С-53 во взрывонепроницаемый корпус, а специальное покрытие датчика (например, фторопласт) обеспечивает его электростатическую безопасность. Взрывобезопасность процесса измерения достигается в том случае, когда во взрывоопасной зоне применяется искробезопасный датчик, а сам прибор (например, статический вольтметр любого типа) устанавливается в невзрывоопасной зоне.

Устройства для заземления и контроля   
цепи заземления средств транспорта и хранения ЛВЖ   
и сжиженных горючих газов

Технологические процессы налива или слива нефтепродуктов и других взрывопожароопасных веществ химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, предприятий снабжения нефтепродуктами, нефтебаз, складов ГСМ, автозаправочных станций (АЗС), автозаправочных комплексов (АЗК) и авто-газозаправочных станций (АГЗС) сопровождаются образованием и накоплением зарядов статического электричества. Зажигающая способность разрядов статического электричества нередко является вероятным источником зажигания пожаровзрывоопасной среды, что приводит к пожарам и взрывам, сопровождающимся материальными потерями и летальным травматизмом.

Экспериментальные и аналитические исследования показывают, что в летнее время в зоне заправки бензином на АЗС легковых и грузовых автомобилей взрывоопасная смесь горючих паров с воздухом может образоваться в объемах до 2,5 и до 8 м3 соответственно. При сливе бензина из автоцистерн (АЦ) выходящая из дыхательной арматуры взрывоопасная паро-воздушная смесь может образоваться в объеме до 105 м3 [55].

В подтверждение реальности пожарного риска такого рода следует отметить, что в разных регионах России происходят пожары при обращении с нефтепродуктами и сниженными горючими газами (СГГ). Например, 02.11.1997 г. крупный пожар 5-й степени сложности возник в Москве на   
1-й улице Ямского Поля при сливе топлива в подземный резервуар.

Поэтому, на этих объектах средства защиты от опасных проявлений статического электричества должны применяться как одна из мер снижения пожарного риска. Заземляться и надежно электрически соединяться между собой должны наливные стояки эстакад, находящиеся под наливом железнодорожные цистерны и рельсы в пределах сливоналивного фронта. Перед проведением и в процессе сливоналивных операций заземлению также подлежат: автоцистерны, танкеры, самолеты и другие транспортные средства, а также средства транспорта и хранения нефтепродуктов или СГГ.

Несоответствующие требованиям, предъявляемым к электрооборудованию во взрывозащищенном исполнении, электрические контактные соединения и другие устройства для присоединения заземляющих проводников должны располагаться вне взрывоопасных зон (не менее 9 м от мест налива или слива) [40]. При этом провода заземления сначала присоединяют к корпусу заземляемого объекта, а затем к заземляющему устройству. Отсоединение же их, что еще более важно для предупреждения искрообразования при размыкании цепи заземления с током случайного происхождения (гальваническим, блуждающим, обусловленным электромагнитной бурей или воздействием электромагнитного радиочастотного поля), следует осуществлять в обратном порядке.

Важно отметить, что существуют конструктивные различия устройств заземления АЦ, применяемых на нефтебазах и складах ГСМ и АЗК, от устройств их заземления на АЗС общего пользования и ведомственных пунктов заправки топливом. Подобные различия существуют и при оснащении АЦ заземляющими проводниками, конструктивно непригодными для применения при наливе топлива на нефтебазе (или на АЗК) или при сливе его на АЗС. Таким образом, нередко заземляющие устройства не обеспечивают требуемого уровня пожаровзрывобезопасности технологии сливоналивных операций топлива, ЛВЖ и СГГ.

В целях обеспечения требований пожарной безопасности [3, 55-61] разработаны и выпускаются устройства заземления автоцистерн (УЗА) типов: УЗА-2МК02, УЗА-2МК03, УЗА-2МК04, УЗА-2МК05, УЗА-2МК06. Данные устройства УЗА осуществляют одновременно и функции контроля заземленного состояния объектов защиты. Питание коммутационных устройств (по желанию заказчика) предусмотрено либо от промышленной цепи переменного тока с напряжением 220 В (например, УЗА-2МК04), либо от цепи постоянного тока с напряжением 12 В (УЗА-2МК05), либо от батареи аккумуляторов с напряжением 6,3 В, служащей автономным источником питания (УЗА-2МК03 и УЗА-2МК06).

УЗА соответствуют требованиям: ГОСТ 12.4.124-83 [49], ГОСТ Р 5250.0-2005 (МЭК 60079-0:2005) и др.

Общий вид устройств заземления автоцистерн представлен на рис. 9.3 а их основные технические характеристики приведены в табл. 9.3.

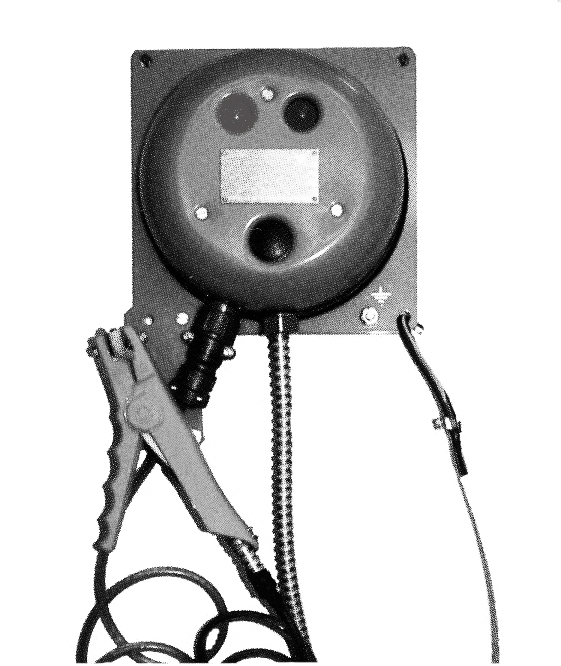


Рис. 9.3. Общий вид УЗА

На разработку и применение УЗА-2МК даны лицензии и разрешения Госгортехнадзора и сертификат о взрывозащищеннности Центра сертификации взрывозащищенного электрооборудования (ЦСВЭ). С учетом требований нормативных документов область применения УЗА-2МК – взрывоопасные зоны 1, 2, 2н. Применение той или иной модификации определяется технической оснащенностью сливоналивных эстакад нефтебаз и наливных пунктов, АЗС, АГЗС и АЗК.

Таблица 9.3

Технические характеристики устройств УЗА

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Технические данные | Тип исполнения | |
| УЗА-2МК04 | УЗА-2МК06 |
| Маркировка взрывозащиты | 1ExaibIICN6 | 1ExaibIICN6 |
| Условия эксплуатации: |  |  |
| температурный диапазон окружающей среды, оС | от –40 до +40 | От –50 до +50 |
| относительная влажность воздуха, %  (при температуре воздуха № 35оС) | 98±2 | 98±2 |
| Степень защиты корпуса от внешних воздействий по ГОСТ 12.2.007-75 | IP23 | IP54  для корпуса и автономного источника питания |

Окончание табл. 9.3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Технические данные | Тип исполнения | |
| УЗА-2МК04 | УЗА-2МК06 |
| Сигнализация | световая | световая |
| Напряжение питания, В | ≈220+10/-15  50 Гц | =6,3±0,5 |
| Параметры искробезопасной электрической цепи: |  | УЗА-2МК-03,  УЗА-2МК-05  и УЗА-2МК-06 |
| максимальное выходное напряжение Uo, B | 12 | 6,8 |
| максимальный выходной ток Io, A | 0,025 | 0,015 |
| Максимальная потребляемая мощность Ро, ВА | 6 | - |

УЗА-2МК04 и УЗА-2МК05 предназначены для заземления автоцистерн или других транспортных средств, для блокировки и запуска слива, исключающего (по желанию заказчика) техническую возможность проведения операции слива без предварительного подключения их к устройствам заземления и обеспечения эквипотенциальности электропроводящих узлов объекта защиты и сливного оборудования. Данные устройства обеспечивают также непрерывный контроль целостности электрической цепи заземления и ее величины сопротивления в Ом на участке «заземляемая емкость – заземляющее устройство» и осуществляют световую сигнализацию о состоянии данного участка электрической цепи. Устройства комплектуются универсальным проводом заземления со специальным зажимом для подключения УЗА к автоцистерне. Этот провод является принадлежностью УЗА, а его подключение к АЦ допускается только при разомкнутой коммутационной цепи УЗА специальной кнопкой в ее корпусе (рис. 9.3а и 9.3б).