

**В.Г. АНДРУШ**, заведующий кафедрой управления охраной труда Белорусского государственного аграрного технического университета,

**А.И. ФЕДОРЧУК**, доцент кафедры управления охраной труда Белорусского государственного аграрного технического университета, кандидат технических наук

## Статическое электричество: опасность и меры защиты

Статическое электричество – совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков или на изолированных проводниках. Опасность статического электричества проявляется во вредном воздействии на организм человека и в возможности образования электрической искры, которая может служить причиной воспламенения горючих или взрывоопасных смесей.

**У**словия возникновения зарядов статического электричества: деформация, дробление, разбрызгивание веществ, относительное перемещение двух находящихся в контакте тел, слоев жидких или сыпучих материалов, интенсивное перемешивание, кристаллизация, испарение веществ.

Интенсивность возникновения зарядов в технологическом оборудовании определяется физико-химическими свойствами перерабатываемых веществ и материалов, из которых изготовлено оборудование, а также параметрами технологического процесса.

В случае разности потенциалов 300 В искровой разряд способен воспламенить почти все горючие газы, а когда разность потенциалов достигнет 5000 В, то и большую часть горючих пылей.

Так, например, при движении приводного ремня со скоростью 15 м/с разряд может достичь 80 кВ (при движении прорезиненной ленты транспор-

тера – до 45 кВ, протекании бензина по стальным трубам – до 3,6 кВ). При движении автомобиля по бетонной дороге – до 3 кВ (вследствие скольжения колес и ударов частиц песка и гравия о металлические части кузова).

Искра, возникшая из-за разряда статического электричества, явилась, возможно, тем последним доводом, который окончательно склонил чашу весов в пользу самолетов в их споре с дирижаблями за господство в воздухе в конце 30-х годов прошлого века. Во всяком случае, попытки использования дирижаблей в качестве пассажирского воздушного транспорта прекратились как раз после гибели гигантского дирижабля от пожара, вызванного электрическим разрядом (г. Нью-Йорк, 1937 г.). Однако и самолеты подвержены воздействию статического электричества, возникающего на них в результате взаимодействия с жидкими и твердыми частицами облаков и осадков.

С увеличением скорости самолетов острота данной проблемы только возрастала: выяснилось, что ток, заряжающий самолет при полете в облаках и осадках, растет с увеличением скорости значительно сильнее, чем разряжающий ток. На самолетах наблюдались электрические разряды разных форм и связанные с этим явления электромагнитные помехи и повреждения элементов конструкции. При зарядке самолета статическим электричеством резко возросла опасность поражения его молнией. По имеющимся оценкам, вероятность прямого поражения самолета молнией во время полета в грозовом облаке составляет  $10^{-4}$ , т.е. из 10000 пролетов через облако молния в одном случае почти всегда попадает в самолет. Когда самолет электрически заряжен, эта вероятность на два порядка выше: один случай поражения молнией приходится уже на 100 пролетов через облако. Заряженный самолет, таким образом, инициирует молнию, вызывая разряд атмосферного электричества на себя. Это не удивительно, если учесть, что потенциал самолета относительно окружающей среды может достигать полутора миллионов вольт!

Также известны случаи, когда по причине электростатических разрядов происходили серьезные аварии и пожары на технологических установках нефтепереработки, резервуарах и емкостях с горючими жидкостями и газами (Россия, Япония), отмечались жалобы персонала на неприятные ощущения и ухудшение самочувствия в работе.

## ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Мероприятия по защите от статического электричества в соответствии с тре-

бованиями технического нормативного правового акта (далее – ТНПА), регулирующего устройства электроустановок, должны осуществляться во взрыво- и пожароопасных помещениях и зонах открытых (наружных) установок, отнесенных к классам В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIa, П-I, П-II, П-IIa, П-III.

В помещениях и зонах, не относящихся к вышеуказанным, защита от статического электричества должна осуществляться лишь на тех участках, где статическое электричество отрицательно влияет на технологический процесс или качество продукции и когда вследствие его воздействия возникают опасности травмирования обслуживающего персонала.

**В каждой организации в соответствующие технологические инструкции или инструкции по охране труда, видам работ и пожарной безопасности должны быть включены пункты по защите от статического электричества и эксплуатации устройства защиты от статического электричества.**

*Опасность действия статического электричества должна устраняться специальными мерами, которые создают утечку электростатических зарядов, предотвращающих накопление энергии заряда выше уровня 0,4 А/мин, или создают условия, исключаящие возможность образования взрывоопасной концентрации взрывоопасной смеси (например, вытеснение горючей смеси инертным газом).*

Для защиты от накопления и проявления зарядов статического электричества на оборудовании, на теле человека и на перекачиваемых веществах должны предусматриваться с учетом особенностей производства меры, обеспечивающие стекание возникающих зарядов:



► отвод зарядов путем заземления корпусов оборудования и коммуникаций, а также обеспечение постоянного электрического контакта обращающихся веществ и тела, одежды человека с заземлением с целью снятия статического заряда;

► отвод зарядов путем уменьшения удельных объемных и поверхностных электрических сопротивлений;

► нейтрализация зарядов путем использования радиоизотопных, индукционных и других нейтрализаторов.

**Для снижения интенсивности возникновения зарядов статического электричества необходимо:**

- предусмотреть технические решения по очистке горючих газов от жидких, твердых частиц и примесей в случаях, когда это технологически возможно;

- исключить или ограничить разбрызгивание, дробление, распыление веществ в случаях, когда этого не требует технология производства;

- обеспечить выбор (регулировку) скорости движения среды.

Вообще же скорость движения материалов в аппаратах и трубопроводах не должна превышать значений, предусмотренных проектом.

В том случае, когда невозможно обеспечить стекание возникающих зарядов, для предотвращения воспламенения среды внутри аппаратов искровыми разрядами необходимо исключить образование в них взрывоопасных смесей путем применения закрытых систем с избыточным давлением или использования инертных газов. Это применимо для перемещения легковоспламеняющихся жидкостей, заполнения аппаратов, емко-

стей, закрытых транспортных систем, пневмотранспорта горючих мелкодисперсных и сыпучих материалов и продувки оборудования при запуске.

Во взрывоопасных производствах (процессах), где могут накапливаться заряды статического электричества, технологическое и транспортное оборудование (аппараты, емкости, машины, коммуникации и прочее) необходимо изготавливать из материалов, имеющих удельное объемное электрическое сопротивление не выше  $10^5$  Ом\*м.

Заземляющие устройства для защиты от опасных проявлений статического электричества могут объединяться со специальными устройствами заземления другого назначения. Допускается использовать естественные заземлители.

Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного для стекания электростатических зарядов, не должно превышать 100 Ом.

Чтобы исключить в процессе эксплуатации возможность случайных обрывов и других повреждений цепей заземления, токоотводы должны быть механически прочными и соответствовать требованиям нормативных правовых актов (далее – НПА) и ТНПА.

Все металлические и электропроводные неметаллические части технологического оборудования должны быть заземлены независимо от того, применяются ли другие меры защиты от статического электричества.

Неметаллическое оборудование считается электростатически заземленным, если сопротивление любой точки его внутренней и внешней поверхности относительно контура заземления не превышает  $10^7$  Ом. Измерения этого сопротивления должны производиться при относительной влажности окружающего воздуха не

выше 60%. При этом площадь соприкосновения измерительного электрода с поверхностью оборудования не должна превышать 20 см<sup>2</sup>, а измерительный электрод должен располагаться в точках поверхности оборудования, наиболее удаленных от точек контакта этой поверхности с заземленными металлическими элементами, деталями и арматурой.

Металлическое и электропроводное неметаллическое оборудование, трубопроводы, вентиляционные короба и кожухи термоизоляции трубопроводов и аппаратов, расположенные в производственном помещении, а также на наружных установках, эстакадах и каналах, должны представлять собой на всем протяжении непрерывную электрическую цепь, которая в пределах взрывоопасной зоны должна быть присоединена к контуру заземления не менее чем в двух точках.

Присоединению к контуру заземления при помощи отдельного отвления независимо от заземления соединенных с ними коммуникаций и конструкций подлежат все аппараты, емкости, агрегаты, где возможно образование взрывоопасных смесей.

## ГОРЮЧИЕ ЖИДКОСТИ

Резервуары и емкости объемом более 50 м<sup>3</sup>, за исключением вертикальных резервуаров диаметром до 2,5 м, должны быть присоединены к заземлителю с помощью двух и более заземляющих проводников в диаметрально противоположных точках.

Для снижения интенсивности накопления электростатических зарядов на нефтепродуктах внутри резервуаров допускается использование металлических струн, протянутых верти-

кально внутри резервуаров от крыши до днища, с обеспечением надежного электрического контакта, при этом резервуар должен быть заземлен.

При нанесении антикоррозийного покрытия и окраске резервуаров, в которых хранятся взрывопожароопасные вещества, приспособления для пульверизации или разбрызгивания должны быть соединены с корпусом резервуара стальным тросиком или многожильным проводом. Если имеются на резервуаре части, не имеющие электрической связи с корпусом резервуара, окраску производят вручную (щетками, кистями и т.п.). Защита же от статического электричества трубопроводов, расположенных на наружных эстакадах, должна отвечать требованиям ТНПА, регулирующего устройства молниезащиты зданий и сооружений.

Наливные стояки эстакад для заполнения железнодорожных цистерн должны быть заземлены, рельсы железнодорожных путей в пределах сливноналивного фронта – электрически соединены между собой и присоединены к заземляющему устройству, не связанному с заземлением электротяговой сети.

Автомобильные цистерны, находящиеся под наливом и сливом горючих и взрывоопасных газов и жидкостей, в течение времени заполнения и опорожнения присоединяются к заземляющему устройству.

Контактные устройства для подсоединения заземляющих проводников от автомобильных цистерн должны быть установлены вне взрывоопасной зоны.

Гибкие заземляющие проводники сечением не менее 6 мм постоянно присоединены к металлическим корпусам автомобильных и железнодорожных цистерн и имеют на конце струбцину или наконечник под болт М10 для при-



соединения к заземляющему устройству. При отсутствии постоянно присоединенных проводников к корпусу цистерны налив и слив сжиженных, горючих газов и жидкостей запрещены.

Открывание люков автомобильных и железнодорожных цистерн и погружение в них шлангов необходимо производить только после присоединения заземляющих проводников к заземляющему устройству.

Резиновые (либо другие из неэлектропроводных материалов) шланги с металлическими наконечниками, используемые для налива жидкостей в автомобильные, железнодорожные цистерны, другие передвижные сосуды и аппараты, должны быть обвиты медной проволокой диаметром не менее 2 мм (или медным тросиком сечением не менее 4 мм<sup>2</sup>) с шагом витка не более 100 мм. Один конец проволоки (или тросика) соединяется пайкой (или под болт) с металлическими заземленными частями продуктопровода, а другой – с наконечником шланга.

При использовании армированных шлангов или электропроводных рукавов их обвивка, при условии соединения арматуры или электропроводного резинового слоя с заземленным продуктопроводом и металлическим наконечником шланга, не требуется. Наконечники шлангов должны быть изготовлены из меди или других неискрящих металлов.

Налив горючих и взрывоопасных газов и жидкостей в автомобильные и железнодорожные цистерны производится через шланги, опущенные на дно. В течение первых 3–5 минут налив надо производить с небольшой скоростью (не более 3 м/с), а затем в течение 10–12 минут скорость постепенно можно увеличить до 7 м/с.

Скорость движения электризующихся жидкостей по трубопроводам и истечения их в аппараты, если существует возможность образования взрывоопасных смесей, должна ограничиваться до такой величины, когда заряд, приносимый в приемную емкость с потоком жидкости, уже не может вызвать с ее поверхности искровой разряд с энергией, достаточной для воспламенения взрывоопасной смеси.

Допустимые скорости движения жидкости по трубопроводам и истечения их в аппараты (емкости, резервуары) устанавливаются в каждом случае отдельно, в зависимости от свойств жидкости, диаметра трубопровода и свойств материалов его стенок, а также других условий эксплуатации. При этом следует учитывать ограничения скорости транспортировки и истечения:

♦ жидкостей с удельным объемным электрическим сопротивлением не более 10<sup>9</sup> Ом•м – до 10 м/с;

♦ жидкостей с удельным объемным электрическим сопротивлением не более 10<sup>8</sup> Ом•м – до 5 м/с.

Для жидкостей с удельным объемным электрическим сопротивлением более 10<sup>9</sup> Ом•м допустимые скорости транспортировки и истечения устанавливаются для каждой жидкости в отдельности.

В качестве предельно допустимой устанавливается скорость, при которой (при данном диаметре трубопровода) потенциал на поверхности жидкости в приемной емкости не превосходит предельно допустимого для углеводородных сред – 4000 В, а для взрывоопасной смеси водорода, ацетиленов или паров сероуглерода с воздухом – 1000 В. Во взрывоопасных зонах при движении заряженной статическим электричеством системы возрастает за-

пасенная в ней электрическая энергия (например, отрыв от поверхности жидкости твердого тела или заряженных противоположным знаком предметов, движение плавающих на поверхности электропроводных предметов и тому подобное). При этом с целью обеспечения электростатической искробезопасности допускается потенциал на поверхности жидкости или оборудования не более 115 В – для смесей углеводородных газов с воздухом, и не более 30 В – для смеси водорода с воздухом, а также ацетилена с воздухом или паров сероуглерода с воздухом.

При заполнении порожнего резервуара жидкостью, имеющей удельное объемное электрическое сопротивление более  $10^9$  Ом·м, скорость закачки ограничивается до 1,2 м/с, до того момента, когда конец загрузочной трубы окажется ниже уровня зеркала закачиваемого продукта при диаметре трубопроводов до 200 мм.

Во всех насосных по закачке горючих и легковоспламеняющихся жидкостей в резервуары должны вывешиваться таблицы максимальных расходов на разных стадиях заполнения резервуаров, с учетом максимальной допустимой скорости.

Для снижения потенциалов в приемной емкости при закачке жидкостей с удельным объемным электрическим сопротивлением выше  $10^9$  Ом·м рекомендуется применять релаксационные емкости, представляющие собой горизонтальный участок трубопровода увеличенного диаметра, находящийся непосредственно у входа в приемную емкость. При этом диаметр такого участка трубопровода (в метрах) составляет не менее:

$$D_p = \sqrt{D_r^2 V_r},$$

где  $D_p$  – диаметр релаксационной емкости, м;

$D_r$  – диаметр трубопровода, м;

$V_r$  – скорость жидкости в трубопроводе, м/с.

Его длина (в метрах) при этом должна быть не менее:

$$L = 2,2 \cdot 10^{-11} \Sigma P_Y$$

где  $\Sigma$  – диэлектрическая постоянная жидкости;

$P_Y$  – удельное объемное электрическое сопротивление жидкости, Ом·м.

**Для предотвращения опасности искровых разрядов наличие на поверхности горючих и легковоспламеняющихся жидкостей незаземленных электропроводных плавающих предметов недопустимо.**

При применении поплавковых или буйковых уровнемеров их поплавки должны изготавливаться из электропроводного материала и при любом положении иметь электрическое сопротивление не более 100 Ом.

В том случае, когда при существующей технологии производства предотвратить наличие на поверхности жидкости незаземленных плавающих предметов невозможно, следует принять меры, исключающие возможность создания над ней взрывоопасной среды.

Подача горючих и легковоспламеняющихся жидкостей в аппараты, резервуары, цистерны и тару должна производиться ниже уровня находящегося здесь остатка жидкости, так чтобы не допускать ее разбрызгивания, распыления или бурного перемешивания. Налив горючих и легковоспламеняющихся жидкостей свободно падающей струей недопустим.

Расстояние от конца загрузочной трубы до дна приемного сосуда не



может превышать 200 мм. В противном случае струю направляют вдоль стенки резервуара.

В начале процесса заполнения порожнего резервуара горючие и легковоспламеняющиеся жидкости, имеющие удельное объемное электрическое сопротивление более 10 Ом•м, должны подаваться в него, до момента затопления конца загрузочной трубы, со скоростью не более 1 м/с. При дальнейшем заполнении скорость следует выбирать с учетом вышеперечисленных требований.

Передвижные емкости, аппараты, сосуды (далее – емкостное оборудование), в особенности для транспортировки диэлектрических горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, выполняются из электропроводных либо антистатических материалов. Они должны транспортироваться по цехам организации на металлических тележках с колесами из электропроводных материалов. При этом нужно обеспечить контакт сосуда или аппарата с корпусом тележки.

При транспортировании электризующихся взрывопожароопасных веществ на тележках с неэлектропроводными покрышками колес допустимо обеспечение контакта их корпуса с землей и электропроводным полом при помощи присоединенной к корпусу цепочки из неискрящегося металла, имеющей такую длину, когда при движении несколько звеньев постоянно находятся на земле либо на полу.

В местах заполнения передвижного емкостного оборудования пол должен быть электропроводным. Допускается заземление передвижного емкостного оборудования с помощью присоединения его к заземляющему устройству медным тросиком со струбциной.

При заполнении емкостного оборудования наконечник шланга опускается до дна сосуда на расстояние не более 200 мм.

Если диаметр горловины емкостного оборудования емкостью более 10 л не позволяет опустить шланг внутрь, следует использовать заземленную воронку из меди либо иного неискрящего электропроводного материала, конец которой должен находиться на расстоянии не более 200 мм от дна емкостного оборудования. В случае применения короткой воронки к ее концу присоединяется цепочка из неискрящего электропроводного материала, стойкого к переливаемой жидкости, которая при опускании воронки в емкостное оборудование ложится на дно.

Ручной отбор горючих и легковоспламеняющихся жидкостей из резервуаров, а также измерение уровня с помощью различного рода мерных линеек и метрштоков через люки допустимы только после прекращения движения жидкости, когда она находится в спокойном состоянии. При этом устройства для проведения измерений должны быть изготовлены из токопроводящего материала с удельным объемным электрическим сопротивлением меньше  $10^5$  Ом•м и заземлены.

Когда удельное электрическое сопротивление жидкости выше  $10^9$  Ом•м, ручной отбор проб и измерение уровня разрешается производить через 20 минут после окончания операции по закачке жидкости.

Измерение уровня в резервуарах и емкостях при движении горючих и легковоспламеняющихся жидкостей производится дистанционным автоматическим уровнемером, а отбор проб – через специальное устройство. ☒

*(Окончание следует)*