

## ОТВОД ЗАРЯДОВ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ С ЖИДКИМИ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

И.И. Гавриляк

Научный руководитель доцент М.С. Салтымаков

Научно-исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Задача обеспечения надежной эксплуатации и взрыво- и пожаробезопасной работы трубопроводов и систем хранения нефти и нефтепродуктов является главной проблемой на сегодняшний день. В настоящее время происходит активное увеличение производительности перекачивающих систем и трубопроводов, а также объемов нефтепродуктов, перекачиваемых по этим трубопроводам (системам). С каждым годом размер экспортируемой из нашей страны нефти и нефтепродуктов увеличивается, строятся новые линии трубопроводов, возрастают объемы нефтепродуктов, перекачиваемых через существующие трубопроводы.

С целью обеспечения соответствующего качества нефтепродуктов в системах трубопроводов используются различные фильтры и системы очистки конечного продукта - нефтепродуктов, применяются также различные присадки и сорбенты. Все это вместе с увеличением производительности систем перекачки выводит на первое место задачу по устранению возникновения статического электричества в трубопроводах и системах хранения нефти и нефтепродуктов.

Скорость движения электризующихся жидкостей по трубопроводам и истечения их в аппараты, в случае если существует возможность образования взрывоопасных концентраций газо-паровоздушных смесей, должна ограничиваться до такой величины, чтобы заряд, приносимый в приемную емкость с потоком жидкости, никак не имел возможность вызвать с ее поверхности искрового разряда с энергией, необходимой для воспламенения окружающей взрывоопасной среды.[2] Допустимые скорости движения жидкости по трубопроводам и истечение их в аппараты (емкости, резервуары) устанавливаются в каждом отдельном случае в зависимости от свойств жидкости, диаметра трубопровода и свойств материалов его стенок, а также других условий эксплуатации. При этом должны учитываться следующие ограничения транспортировки и истечения жидкостей:

1) для жидкостей с удельным объемным электрическим сопротивлением никак не более  $10^5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  - до 10 м/с;

2) для жидкостей с удельным объемным электрическим сопротивлением свыше  $10^5$  и до  $10^9 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  - до 5 м/с;

3) для жидкостей с удельным объемным электрическим сопротивлением более  $10^9 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  допустимые скорости транспортировки и истечения устанавливаются для каждой жидкости отдельно; предельно допускаемой устанавливается скорость, при которой (при данном диаметре трубопровода) потенциал на поверхности жидкости в приемной емкости никак не превышает для углеводородных взрывоопасных сред - 4000 В, а для взрывоопасной смеси водорода, ацетилена или паров сероуглерода с воздухом - 1000 В.

Во взрывоопасных зонах при движении заряженной статическим электричеством системы увеличивает запасенная в ней электрическая энергия (к примеру, отрыв от поверхности жидкости твердого тела или заряженных противоположным знаком предметов, движение плавающих на поверхности электропроводных предметов и т.п.). При этом с целью обеспечения электростатической искробезопасности разрешается 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, ацетилена с воздухом и паров сероуглерода с воздухом;

4) при заполнении порожнего резервуара жидкостью, обладающей удельным объемным электрическим сопротивлением более  $10^5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , скорость закачки обязана ограничиваться до 1,2 м/с до момента, когда конец загрузочной трубы окажется ниже уровня зеркала закачиваемого продукта при диаметре трубопроводов до 200 мм.

В абсолютно всех насосных по закачке горючих и взрывоопасных веществ в резервуары обязаны вывешиваться таблицы максимальных расходов на разных стадиях заполнения резервуаров, имея в виду максимально допустимую скорость.[4] Для уменьшения потенциалов в приемной емкости при закачке жидкостей с удельным объемным электрическим сопротивлением выше  $10^9 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  рекомендовано использовать релаксационные емкости, представляющие собой горизонтальный участок трубопровода увеличенного диаметра, находящийся непосредственно у входа в приемную емкость. Для нефти (безводной) удельное объемное электрическое сопротивление находится в диапазоне  $10^{10}$ - $10^{15} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . При этом диаметр релаксационного участка трубопровода должен быть не менее:

$$D_p = 1,41 \cdot DV^{\frac{1}{2}}$$

где  $D_p$  - диаметр релаксационной емкости, м;

$D$  - диаметр трубопровода, 1,02 м;

$V$  - скорость жидкости в трубопроводе, 3 м/с;

$$D_p = 1,41 \cdot 1,02 \cdot 3^{\frac{1}{2}} = 2,49 \text{ м}$$

Длина его должна быть не менее:

$$L = 2,2 \cdot 10^{-11} \epsilon \rho$$

где  $\epsilon$  - диэлектрическая постоянная жидкости;  $\epsilon=2...2,5$

$\rho$  - удельное объемное электрическое сопротивление жидкости,  $10^{10} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

$$L = 2,2 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{10} = 0,44 \text{ м}$$

Запрещено использование резервуаров, в которых замечены плавающие на жидкости инородные тела,

оторванные поплавки и т.д. Поплавки для поплавковых или буйковых уровнемеров обязаны быть изготовлены из электропроводного материала и при любом положении обладать электрическим сопротивлением по отношению к земле не более 100 Ом. Применение поплавковых устройств из неэлектропроводных материалов в резервуарах с нефтепродуктами разрешается только по согласованию со специализированной организацией, занимающейся защитой от статического электричества в данной отрасли. Поступление жидкости в аппараты, резервуары, цистерны, тару, обязаны производиться ниже уровня, находящегося в них остатка жидкости таким образом, чтобы ни в коем случае, не допускать её разбрызгивания, распыления или бурного перемешивания. Не разрешается налив горючей жидкости свободно падающей струей. Промежуток расстояния от конца наливной трубы до дна приемного сосуда не должно превышать 200 мм, в противном случае струя должна быть направлена вдоль стенки резервуара или сосуда. Ручной отбор проб из резервуаров и емкостей, а также замер уровня с помощью мерных лент и метрштоков через люки допускается только после прекращения движения жидкости, когда она находится в спокойном состоянии. При этом устройства для проведения измерений обязаны быть произведены из токопроводящего материала ( $r < 10^5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ) и заземлены. В случае если удельное электрическое сопротивление жидкости выше  $10^9 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , то ручной отбор проб и измерение уровня допускается производить через 20 минут после окончания операции по закачке жидкости. Измерение уровня в резервуарах и емкостях при движении взрывоопасных веществ должны производиться дистанционными автоматическими уровнемерами, а отбор проб через специальное устройство.[3]

Наибольшее значение плотности электрического заряда, при котором напряженность поля в трубопроводе достигнет электрической прочности и произойдет искровой разряд, находится по формуле:

$$\rho_{кр} = 2E_{кр}\varepsilon\varepsilon_0 / a$$

где  $\rho$  - предельная плотность электрического заряда,

$E_{кр}$  - напряженность электрического поля, при которой возможно искрообразование для углеводородов составляет  $30 \cdot 10^6 \text{ В/м}$  (для неоднородного поля)

$\varepsilon$  - относительная диэлектрическая проницаемость среды,  $\varepsilon=2...2,5$ .

$\varepsilon_0$  - электрическая постоянная,  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ ,

$a$  - радиус трубопровода.

$$\rho_{кр} = 2 \cdot 30 \cdot 10^6 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2/1,02 = 0,104 \cdot 10^{-2} \text{ Кл/м}^3$$

Из формулы следует, что предельное значение электрического заряда пропорционально относительной диэлектрической проницаемости перекачиваемого нефтепродукта, пробивной напряженности электрического поля и обратно пропорционально радиусу трубопровода.[1]

Зная что напряженность электрического поля, при которой возможно искрообразование для различных газовых сред при нормальной температуре и давлении составляет  $E_{кр} = 3 \cdot 10^6 \text{ В/м}$  (для однородного поля).

Тогда можно определить критическое значение плотности поверхностного заряда:

$$q_{кр} = E_{кр}\varepsilon\varepsilon_0 \approx 30 \text{ мкКл/м}^2$$

#### Литература

1. Власова Е.П. Повышение безопасности систем хранения нефти путем нейтрализации статического электричества: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.–Тюмень, 2008г.– 56 с.
2. Правила защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. -М.: Химия, 1977.
3. РТМ 6-28-007-78 Допустимые скорости движения жидкостей по трубопроводам и истечения в емкости (аппараты, резервуары)
4. РД 39-22-113-78 «Временные правила защиты от проявлений статического электричества на производственных установках и сооружениях нефтяной и газовой промышленности»