

Оразбаев А.Р.

ТОО «SEMSER Ort Sondirushi», г. Нур-Султан, Республика Казахстан

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЯВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАЖИГАНИЯ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ИХ ЗАГРУЗКЕ В РЕЗЕРВУАРЫ

Представлены результаты экспериментальных исследований поверхностного электростатического заряда, который образуется при различных условиях загрузки диэлектрических углеводородных жидкостей в приемные емкости, а именно с омыванием стенок резервуара и при отсутствии омывания стенок резервуара, а также при контакте со стенками питающей трубы, изготовленной из различных материалов. Показано, что при поступлении углеводородной диэлектрической жидкости происходит омывание поступающей жидкостью стенок резервуара, на поверхности жидкости генерируется дополнительный электростатический заряд, который может создавать напряженность над поверхностью жидкости на 25 % превышающей напряженность при отсутствии омывания стенок. Показано, что сформировавшийся при движении жидкости катафорический заряд длительное время присутствует в объеме жидкости, и это время значительно превышает то, которое получено расчетным путем по известным зависимостям.

Ключевые слова: углеводородные диэлектрические жидкости, электростатический заряд, катафорический заряд, напряженность поля.

Введение. При загрузке углеводородных диэлектрических жидкостей в резервуары, наблюдаются взрывы с последующими пожарами. Причина взрывов – искровой разряд статического электричества, образовавшегося при транспортировке углеводородных жидкостей, а также в результате процессов, протекающих в самом резервуаре [1-4].

Сложившиеся на сегодняшний день представления о причинах взрывов и пожарах при операциях налива топлива в цистерны требуют существенных дополнений и уточнений, в том числе количественных оценок основных физических процессов, протекающих при этих операциях, особенно процессов перераспределения статического электричества на поверхности жидкости в заполняемом резервуаре.

Все натурные исследования, выполненные по величине электризации нефтепродуктов, проводились при их движении по трубопроводу и в дальнейшем, рассматривалось, в основном, внесение определенного количества заряда в резервуар и время, необходимое для релаксации вносимого заряда в самом резервуаре.

С увеличением скорости поступления нефтепродуктов и соответственно,

интенсивности разрушения двойного электрического слоя, всегда присутствующего на стенках резервуара, возрастает величина электростатического заряда (ЭЗ), попадающего на поверхность жидкости. То есть, чем интенсивнее ведется процесс загрузки углеводородной жидкости, тем больший заряд формируется на поверхности жидкости, и тем большая вероятность возникновения разряда, мощность которого будет достаточной для возгорания углеводородной жидкости, приводящей к пожару и взрыву [5, 6].

Заряды статического электричества при отсутствии какого-либо механического действия образовываться не могут, поэтому разряды статического электричества наблюдаются, именно при проведении технологических операций с нефтепродуктами: слив, налив, транспортировка по трубопроводам. Но механическое воздействие может и не быть явно заметным, например, отстаивание в резервуаре или просто при хранении жидкости в резервуаре возможно также возникновение потенциала за счет потенциала седиментации (эффект Дорна) – возникновение разности потенциалов при вынужденном движении дисперсной фазы относительно неподвижной дисперсионной

среды (например, под действием силы тяжести [6]). Потенциал протекания (эффект Квинке) есть явление возникновения разности потенциалов при движении дисперсионной среды относительно неподвижной дисперсионной фазы. Кроме того, чем выше электрическое сопротивление, тем больший заряд сможет удерживаться данным объемом жидкости при его образовании, и тем больше будет сопутствующая разность потенциалов.

Заземление резервуаров не устраняет общей опасности – наличия заряда в резервуаре. Сколь долго бы ни находился резервуар без движения жидкости объемный и поверхностный заряд, внесенный с поступающей жидкостью не исчезает окончательно, он только перераспределяется или экранируется нейтральными молекулами диэлектрической жидкости.

Кроме того, образование статических зарядов, формирующих двойной электрический слой на стенках и иных элементах резервуара, зависит от состояния поверхности (степени коррозии, наличия отложений, вида сульфидных форм железа и т.д.) и от общего сопротивления изолирующих отложений, кроме того заряд зависит и от климатических условий. Поэтому расчет величины существующего в резервуаре заряда, который может перераспределиться под внешним воздействием и создать мгновенные критические величины этого заряда рассчитать достаточно сложно из-за многофакторности самого явления возникновения и релаксации заряда в объеме электростатической жидкости [7, 8].

Таким образом, для предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с разрядом статического электричества необходимо проводить измерение величины этого заряда на поверхности жидкости или формируемой этим зарядом величины напряженности поля над поверхностью горючей жидкости [9].

Учитывая, что пробивное напряжение воздуха $U_{пр}$ составляет 30 кВ/м, то, безопасная величина сформировавшейся напряженности статического электричества не должна превышать $0,4 U_{пр}=12$ кВ/м.

Планирование и проведение экспериментальных исследований, выполненных в настоящей работе, были направлены на изучение факторов, определяющих ЭЗ, и величины поверхностного заряда, формирующегося при поступлении диэлектрической жидкости в резервуар.

Предметом исследования являлись процессы дополнительной электризации нефти и нефтепродуктов (НиНП) при заполнении резервуаров и процессы релаксации объемного ЭЗ диэлектрических жидкостей в резервуарах.

Цель эксперимента – в получении данных о величине ЭЗ, формирующегося в приемном резервуаре при загрузке углеводородной диэлектрической жидкости (УВДЖ).

Материалы и методы исследования. В лабораторном эксперименте рассматривалось формирование поверхностного ЭЗ в зависимости от объема и вида поступающей в резервуар УВДЖ и влияния омывания УВДЖ стенок резервуара. Цель опытов состояла в получении данных о величине поверхностного ЭЗ при изменении условий контакта жидкости с поверхностью резервуара.

При определении значений параметров измеряемых величин применялись технические средства с нормированными метрологическими свойствами. Погрешность измерения величины напряженности определялась погрешностью самого измерителя ИПЭП-1. Измерение объема УВДЖ проводилось с помощью мерных цилиндров (1-2000-2 и 1-500-2). Измерение времени осуществлялось секундомером Агат (3 класс точности).

Измеряемыми параметрами в лабораторном эксперименте были:

- величина поверхностного заряда, мкКл/м²;
- напряженность электростатического поля, кВ/м;
- объем загружаемой в резервуар жидкости, см³;
- материал соединительной трубы;
- диаметр соединительной трубы, мм;
- время поступления УВДЖ в приемную емкость, с.

Исследование проводили на лабораторной установке, внешний вид и схема которой представлены на рис. 1.

Из емкости – 1 жидкость при открытии двухходового крана – 15 самотеком поступала по трубе – 2 в приемную емкость – 4. На поверхности жидкости возникал ЭЗ, при этом на электроде-антенне – 5 также формировался индуцированный ЭЗ, величина которого сопоставима с зарядом на поверхности жидкости.

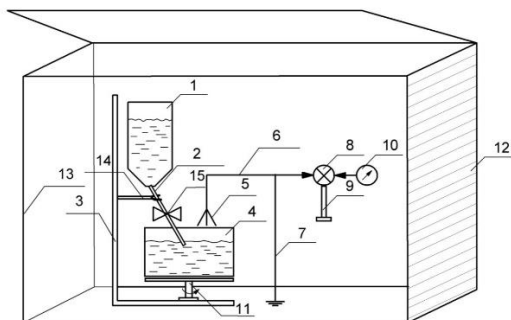


Рис 1. Принципиальная схема лабораторной установки:

1 – емкость с исходной жидкостью; 2 – съемная труба; 3 – штатив; 4 – приемная емкость; 5 – антенна; 6 – экранированный провод; 7 – заземление проводов; 8 – диск для съема сигнала; 9 – электроизоляционная подставка; 10 – измерительный прибор; 11 – шарнирное устройство для вращения приемной емкости; 12 – заземленная сетка; 13 – полимерный экран; 14 – держатель; 15 – двухходовой кран.

Электрод-антенна – 5 соединена экранированным проводом, экранированная оболочка которого заземлена, с металлическим диском – 8. На диске – 8 возникает ЭЗ, передаваемый с электрода-антенны – 5. С помощью измерительного прибора ИПЭП-1 – 10 регистрировалась величина поверхностного ЭЗ и напряженность электростатического поля на металлическом диске – 8.

Вся установка для исключения влияния внешних полей и случайных ЭЗ, которые могли сформироваться на одежде испытуемого или на других объектах, расположенных рядом, и могли исказить результаты анализа, помещалась в полимерный корпус, выполненный из оргстекла – 13, покрытый металлической заземленной сеткой – 12.

В емкость – 1 помещалась исходная ненаэлектризованная жидкость (контроль проводили с использованием измерителя электростатических величин ИПЭП-1), объем жидкости составлял от 250 до 3000 см³.

Материал съемной трубы – 2: алюминий, полиэтилен, сталь. Диаметр трубы – 2 изменялся от 10 до 40 мм, длина трубы варьировалась от 0,5 до 1,5 м. Приемная емкость – 4 (с наэлектризованным НП) была выполнена из листовой стали и имела полимерное покрытие толщиной 8–12 мкм.

Электрод-антенна – 5 располагался на поплавке, который позволял ему всегда находиться на одинаковом расстоянии от поверхности жидкости.

Соединительные провода – 6 были заключены в заземленный металлический кожух. Измерительный прибор ИПЭП-1 – 10 позволял определять величину поверхностного заряда в пределах от 0,02 до 10 мкКл/м² и напряженность электростатического поля от 2 до 1000 кВ/м.

Труба – 2, по которой жидкость поступала в приемную емкость, закреплялась на штативе – 3 держателем – 14. Скорость поступления жидкости v в приемную емкость рассчитывалась из диаметра трубы, объема поступившей жидкости, времени истечения по зависимости

$$v = \frac{V}{S \cdot \tau}, \quad (1)$$

где v – скорость поступления жидкости в приемную емкость, м/с; V – объем жидкости, взятый на анализ, м³; S – площадь сечения трубы, м²; τ – время поступления жидкости в резервуар, с.

Время поступления жидкости из емкости с исходной жидкостью в приемную емкость фиксировали как с помощью секундомера, так и с помощью видеокамеры с включенной функцией «фиксация времени». Добивались такого наклона соединяющей трубы и высоты нахождения емкости с исходной жидкостью относительно приемной емкости, чтобы скорость истечения была около 6 м/с.

Для получения более стабильных результатов остановились на трубе длиной 1,5 м, так как при уменьшении длины

трубы результаты имели большой разброс в измеряемых величинах.

Используемая в исследованиях установка представляет собой особый случай применения принципа «клетки Фарадея». Все элементы установки, приемный резервуар, трубопровод, электрод-антенна, площадка для съема сигнала тщательно изолировались с использованием керамических изоляторов и изоляторов, изготовленных из политетрафторэтиленовых материалов.

Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемых величин определено с учетом погрешности измерений по [10] с использованием методических рекомендаций [11].

Исследование проводилось в следующей последовательности. В емкость с ненаэлектризованным НП – 1 помещали от 0,250 до 3 дм³ диэлектрической жидкости: нефть, бензин, дизельное топливо, бензол. Электрод-антенну – 5 устанавливали на поплавке таким образом, чтобы при поступлении всего объема жидкости в приемную емкость волосики антенны касались поверхности жидкости. Измерительную головку ИПЭП-1 устанавливали на одном из фиксированных расстояний, предусмотренных моделью прибора, а именно 10 см от диска – 7. Включали прибор ИПЭП-1 (предварительно заземлив его) и измеряли начальную величину поверхностной плотности заряда на диске – 7. При наличии на нем поверхностного заряда снимали его временным заземлением и устанавливали нуль на измерителе ИПЭП-1. После получения нулевых значений на ИПЭП-1 заземление с диска снимали.

Устанавливали необходимый угол наклона трубы – 2 и высоту подъема резервуара – 1. Включали видеокамеру и фиксировали исходное значение напряженности на диске измерителем ИПЭП-1. Полностью открывали двухходовой кран – 15 на емкости с ненаэлектризованной жидкостью – 1 и одновременно включали секундомер. После поступления всего объема жидкости в приемную емкость и получения неизменных во времени величин поверхностной плотности заряда на

диске – 7 производили вращение жидкости с помощью устройства для вращения приемной емкости – 13.

Для определения времени релаксации заряда, сформированного ионами различной природы с наличием воздушных включений, проводили испытания на установке, представленной на рис.2.

Методика проведения эксперимента [12] заключалась в том, что из резервуара – 1 при открывании крана жидкость падала свободной струей в приемную емкость – 4, которая была заземлена. Объем падающей жидкости составлял 1 дм³. Свободная поверхность зеркала жидкости составляла 3 дм². Дальнейшие измерения проводились по аналогии с методикой, приведенной выше.

Порция НП использовалась одна и та же многократно. Так как на поверхности жидкости образуется ЭЗ, он индуцирует заряд на антенне, который по соединительным проводам от антенны переходит на круглый экран до тех пор, пока не достигается состояния равновесия. Величина заряда, сформировавшегося на диске, фиксировалась измерителем ИПЭП-1.

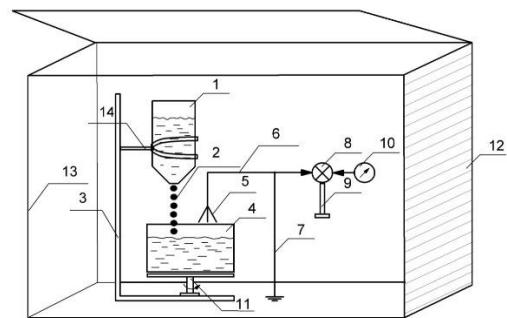


Рис. 2. Схема установки по определению времени релаксации заряда, сформированного при свободно падающей струе диэлектрической жидкости:

1 – емкость с исходной жидкостью; 2 – свободно падающая жидкость; 3 – штатив; 4 – приемная емкость; 5 – антенна; 6 – экранированный провод; 7 – заземление; 8 – диск для съема сигнала (измерительный прибор); 9 – электроизоляционная подставка; 10 – измерительный прибор ИПЭП-1.

Результаты исследования. Результаты проведенных исследований, полученных на нефти, с границами

доверительных интервалов представлены на рис. 3 - 5.

Соединительные кривые на рисунках – полиномы второго порядка.

1. Анализ полученных данных о величине напряженности над поверхностью поступившей в резервуар нефти показал, что при поступлении УВДЖ в резервуар без омывания стенок напряженность меньше, чем при поступлении жидкости с омыванием стенок резервуара. Причем прирост на единицу объема жидкости с увеличением объема жидкости уменьшается. Это можно объяснить тем, что площадь омываемой поверхности стенок становится меньше при одинаковых объемах используемых приемных резервуаров для исследуемых объемов жидкости.

Кроме того, это косвенно подтверждает тот факт, что часть ЭЗ релаксирует в объеме жидкости до выхода на поверхность УВДЖ за время наблюдения, что в итоге фиксируется как меньший поверхностный заряд. Прирост напряженности для объема 2500 мл в отдельных случаях доходил до 25%, по сравнению с напряженностью, формируемой над поверхностью УВДЖ при поступлении в резервуар без омывания его стенок.

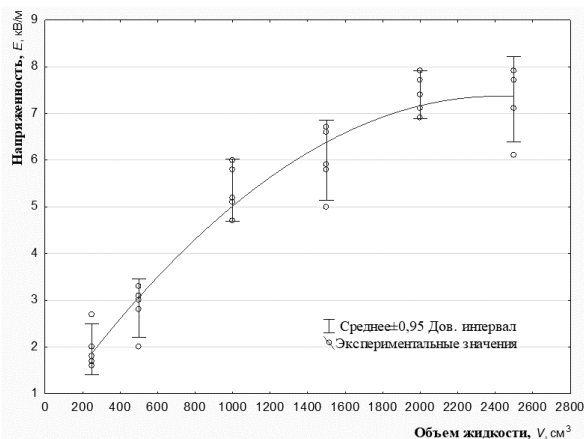


Рис. 3. Напряженность над поверхностью нефти при поступлении всей порции жидкости; труба стальная, $D_{\text{вн}} = 0,01 \text{ м}$, $l = 0,85 \text{ м}$.

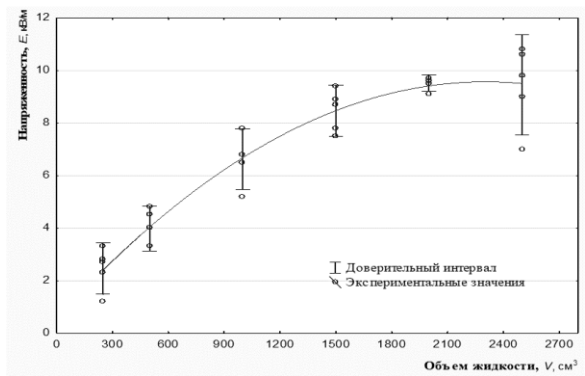


Рис. 4. Напряженность над поверхностью нефти после омывания стенок резервуара; труба стальная, $D_{\text{вн}} = 0,01 \text{ м}$, $l = 0,85 \text{ м}$.

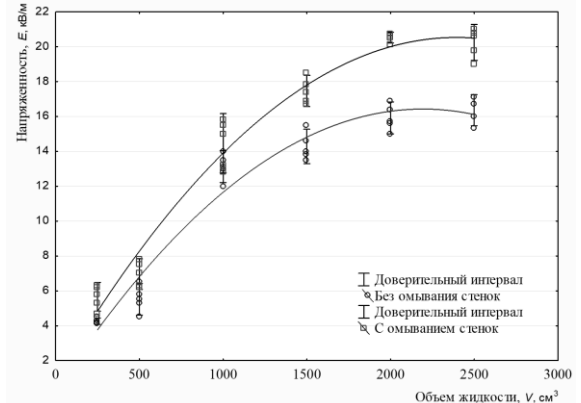


Рис. 5. Изменение напряженности над поверхностью жидкости (нефть); труба стальная, $D_{\text{вн}} = 0,01 \text{ м}$, $l = 1,5 \text{ м}$: 1 – линия без омывания стенок; 2 – линия после омывания стенок

Графики выполнены с использованием компьютерной программы Statistika.

2. Из графика, представленного на рис. 5, видно, что величина напряженности заряда, присутствующего на поверхности зеркала жидкости меняет знак на противоположный при омывании стенок резервуара по сравнению с вносимым в резервуар ЭЗ. Это можно объяснить тем, что носители ЭЗ в бензине имеют противоположный знак по сравнению с ЭЗ, выносимым на поверхность УВДЖ при разделении двойного электрического слоя жидкости, присутствующей на стенках резервуара. Кроме того, видно, что величина суммарного заряда стабилизируется и практически не повышается с повышением объема исследуемой жидкости.

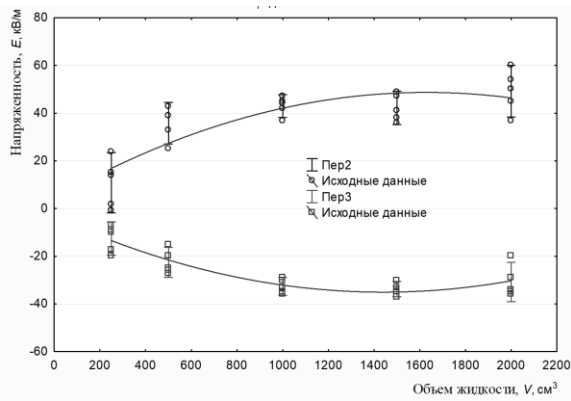


Рис. 6. Изменение напряженности над поверхностью бензина А-92, труба стальная, $D_{вн} = 0,01$ м, $l = 1,5$ м.:

1 – доверительный интервал; 1 – поступление жидкости; 2 – после омывания стенок, температура – 18 °С

3. При протекании жидкости по соединительной трубе из полиэтилена на поверхности жидкости формируется отрицательный ЭЗ. Причем ЭЗ, смываемый со стенок резервуара, имеет аналогичный заряд. Абсолютное значение этого дополнительного заряда имеет примерно одинаковое значение, которое может характеризовать величину заряда, находящегося на единице площади стенки резервуара, которое смывается потоком УВДЖ. Это приводит к тому, что с увеличением омываемой поверхности (а она самая большая на начальном этапе загрузки жидкости в резервуар), на которой произойдет разделение двойного электрического слоя и перенос его заряда на поверхность жидкости, будет увеличиваться и выносимый на поверхность ЭЗ.

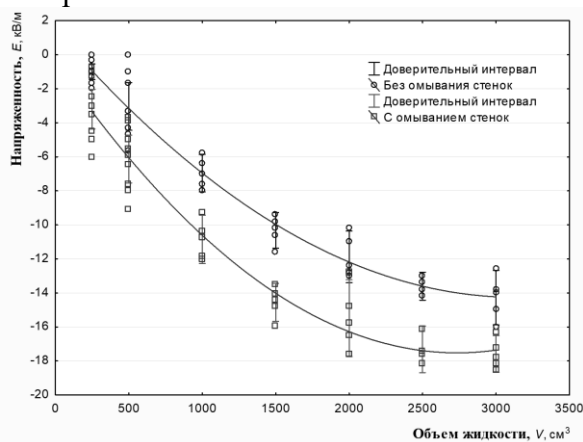


Рис. 7. Изменение напряженности над поверхностью бензина А-92; температура – 18 °С, труба полиэтиленовая, $D_{вн} = 0,01$ м, $l = 1,5$ м

4. Из приведенных графиков видно, что ЭЗ, вносимый в резервуар, зависит как от вида соединительной трубы, так и от вида углеводородной жидкости.

5. Из полученных результатов следует, что прирост напряженности при обмывании жидкостью стенок приемной емкости происходит на всех рассмотренных объемах жидкости. Разброс отдельных значений величин напряженности при одинаковых условиях проведения опытов говорит о наличии факторов, не поддающихся контролю и не выявленных при проведении исследования, что в первую очередь относится к неконтролируемому разбрызгиванию жидкости.

6. Из приведенных результатов видно, что напряженность поля над поверхностью жидкости может иметь изначально разный знак. При обмывании поверхности стенок резервуара знак напряженности поля в большинстве случаев изменялся, становясь отрицательным, причем с ростом объема жидкости абсолютный прирост значения напряженности возрастал, а относительный – на единицу объема жидкости уменьшался. Наблюдаемое явление можно объяснить переходом большего количества ионов двойного электрического слоя в объем и большего возмущения в жидкой среде при обмывании стенок резервуара.

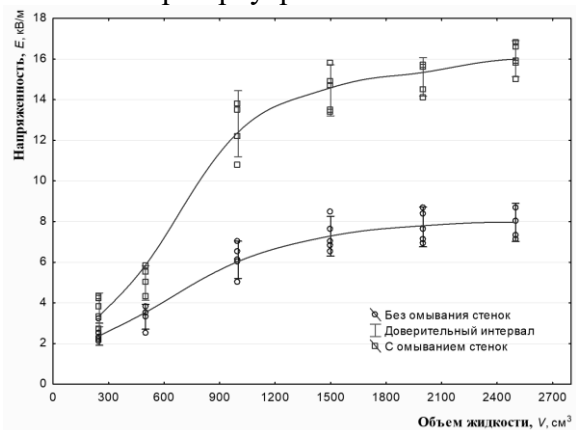


Рис. 8. Изменение напряженности над поверхностью нефти; температура – 18 °С, труба алюминиевая, $D_{вн} = 0,01$ м, $l = 1,5$ м

Приемная емкость – 4 в опытах, результаты которых приведены на рис. 3 – 8, не была заземлена с целью обнаружить изменение напряженности над

поверхностью жидкости при небольших объемах жидкости, используемой в эксперименте.

Результаты измерений напряженности на поверхности жидкости при свободно падающей струе приведены на рис. 9 и 10.

Из представленных на рис. 9 и 10 результатов измерений видно, что приобретенный при вертикальном (свободном) падении струи заряд полностью не исчезает с поверхности НП достаточно длительное время – более 400 с.

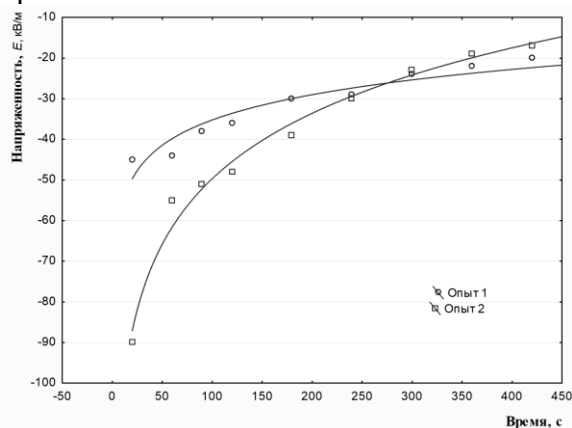


Рис. 9. Изменение напряженности над поверхностью жидкости с течением времени; высота падающей струи – 1 м

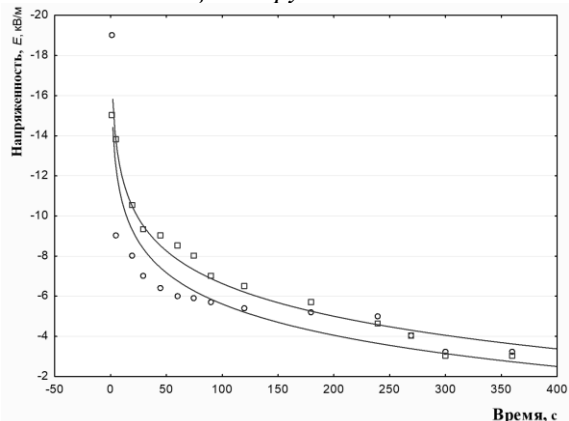


Рис. 10. Изменение напряженности над поверхностью жидкости с течением времени; высота свободно падающей струи – 0,4 м

Время фактической релаксации заряда намного больше, чем рассчитанное по формуле (2) [13], и равное 24 с для используемой в эксперименте нефти с удельным электрическим сопротивлением $2 \cdot 10^{12} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

$$\tau_{\text{рел}} = \varepsilon' \cdot \varepsilon_0 \cdot \varkappa^{-1}, \quad (2)$$

где $\tau_{\text{рел}}$ – время релаксации, с; ε' – диэлектрическая проницаемость среды, заключенной между границами раздела фаз; ε_0 –

электрическая постоянная, равная $1,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$; \varkappa – удельная электропроводность жидкости, $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$.

Хотя во многих источниках, например, в [14] указывается: «большинство используемых в промышленности жидкостей имеет время релаксации не более 10...20 секунд».

Выводы

1. При поступлении жидкости в резервуар величина поверхностного заряда при омывании стенок по сравнению с поверхностным зарядом, образующимся без омывания стенок, возрастает в среднем на 28 %, иногда достигая двукратного увеличения в условиях проведенного эксперимента. Таким образом, без проведения специальных мер по недопущению образования дополнительного электростатического заряда при загрузке УВДЖ можно достичь таких величин поверхностного ЭЗ, который приведет к разряду мощностью достаточной для воспламенения УВДЖ с последующим пожаром и взрывом.
2. Приобретенный при вертикальном (свободном) падении струи заряд полностью не исчезает с поверхности УВДЖ достаточно длительное время, которое превышает 400 с (рис. 9 – 10).
3. В заполненном резервуаре всегда присутствует объемный ЭЗ, который длительное время (более 400 с) не достигает нулевого значения (рис. 9 – 10), что создает опасность его перераспределения, при случайном наложении внешних электромагнитных полей, с возникновением таких значений напряженности электростатического поля которые могут вызвать воспламеняющих УВДЖ разряд.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Горовых О.Г., Оразбаев, А.Р. Механизм электризации углеводородной жидкости при заполнении ею резервуаров вертикального типа. Международный научно-практический журнал «Чрезвычайные ситуации: образование и наука». 2014. Т. 9. №2. С. 16-22.
2. Кондрашова О.Г., Назарова М.Н. Причинно-следственный анализ аварий

- вертикальных стальных резервуаров. *Нефтегазовое дело*. 2004. №2. С. 21-29.
3. Абрамов, Ю.А., Басманов А.Е. Оценка коэффициента конвективной теплоотдачи резервуара с нефтепродуктом. *Научковий вісник будівництва*. 2005. № 31. С. 206-210.
 4. Абрамов, Ю.А., Басманов А.Е. Оценка параметров распределения температуры сухой стенки резервуара при пожаре. *Науковий вісник будівництва*. 2005. № 34. С. 167-172.
 5. Оразбаев, А.Р. Теоретический анализ природы возникновения взрывов в резервуарах при наличии в топливе диспергированной воды (воздуха). *Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь*. 2015. № 2 (22), С. 23-28.
 6. Горových О.Г., Оразбаев А.Р. Механизм электризации углеводородной жидкости при заполнении ею резервуаров вертикального типа. *Чрезвычайные ситуации: образование и наука*. Гомель: ГИИ МЧС Республики Беларусь, 2014. том 9. № 2. С. 16-22.
 7. Блинов А. А. Защита от статического электричества объектов НПЗ, нефтебаз и трубопроводов. М.: ЦНИИТЭнергохим, 1985. 37 с.
 8. Бобровский С.А. Защита от статического электричества в нефтяной промышленности. М.: Недра, 1986. 160 с.
 9. Рыбаков, К. В. Борьба с электризацией углеводородных топлив при перекачках и фильтрации: темат. обзор. М.: ЦНИИТЭнергохим, 1980. 48 с.
 10. ГОСТ 8.207-76. Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения: [Введ. 01.01.1977]. М.: Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, 2011. 12 с.
 11. Грановский В.А., Сирая Т. Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. Л. Энергоатомиздат, 1990. 288 с.
 12. Горových О.Г., Оразбаев А.Р. Определение времени релаксации объемного электростатического заряда, вносимого в резервуары с поступающей диэлектрической углеводородной жидкостью. *Вестник Полоцкого государственного университета*. Серия С: Фундаментальные науки. 2015. № 4. С. 66-70.
 13. Кузнецов Ю. М., Рыбаков К. В., Григорьев В. А. Эксплуатационные свойства авиационных топлив, смазочных материалов и специальных жидкостей (вопросы хоммотопологии). Киев: Книга, 1977. 44 с.
 14. Захарченко В. В. [и др.]. Электризация жидкостей и ее предотвращение. М.: Химия, 1975. 127 с.
- Оразбаев А.Р. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЯВИ ДЖЕРЕЛ ЗАПАЛЮВАННЯ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ РІДИН ПРИ ЇХ ЗАВАНТАЖЕННІ В РЕЗЕРВУАРИ.** Представлені результати експериментальних досліджень поверхневого електростатичного заряду, який утворюється при різних умовах завантаження діелектричних вуглеводневих рідин в прийомні ємності, а саме з омиванням стінок резервуара і при відсутності омивання стінок резервуара, а також при контакті зі стінками живильної труби, виготовленої з різних матеріалів. Показано, що при надходженні вуглеводневої діелектричної рідини відбувається омивання рідиною, що надходить, стінок резервуара, на поверхні рідини генерується додатковий електростатичний заряд, який може створювати напруженість над поверхнею рідини, що на 25% перевищує напруженість при відсутності омивання стінок. Показано, що сформований при русі рідини катафоричний заряд тривалий час присутній в об'ємі рідини, і цей час значно перевищує той, який отримано розрахунковим шляхом по відомим залежностям.
- Ключові слова:** вуглеводневі діелектричні рідини, електростатичний заряд, катафоричний заряд, напруженість поля.
- Orazbaev A.R. EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE OCCURRENCE OF IGNITION SOURCES FLAMMABLE LIQUIDS THAT ARE LOADED INTO THE TANK.** The results of experimental studies of surface electrostatic charge, which is formed under different loading conditions of dielectric hydrocarbon liquids in receiving tanks, namely with washing the walls of the tank, and in the absence of washing the walls of the tank, as well as contact with the walls of the supply pipe made from various materials. It has been shown that when a hydrocarbon dielectric fluid enters in such a way that the reservoir walls are washed by the incoming liquid, an additional electrostatic charge is generated on the liquid surface, which can create tension above the surface of the liquid 25% higher than the wall without washing the walls. It

has been shown that the cataphoric charge formed during the movement of a fluid is present in the volume of the liquid for a long time, and this time is much longer than that obtained by calculation from known dependencies.

Keywords: hydrocarbon dielectric fluids, electrostatic charge, cataphoric charge, field strength.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-413-422

УДК 504.75:574:614.253.81

Рибалова О.В.¹, Бригада О.В.¹, Коробкіна К.М.¹, Крайнюков О.М.², Мірошниченко І.М.³

*Національний університет цивільного захисту України¹,
(вул. Чернишевська, 94, Харків, 61023, Україна; e-mail: olgarybalova@ukr.net; ebrigada@gmail.com; korobkinak33@ukr.net; orcid.org/0000-0002-8798-4780, orcid.org/0000-0001-5777-8516)*

*Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна²,
(майдан Свободи, 4, Харків, 61000, Україна; e-mail: alkraynukov@gmail.com)
Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»³
(вул. Бакуліна, 6, Харків, 61166, Україна; e-mail: zander3pike5@gmail.com)*

ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ВПЛИВУ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА ЯКІСНИЙ СТАН ҐРУНТІВ

Стаття присвячена визначенню впливу лісових пожеж на вміст хімічних забруднюючих речовин в ґрунті. Представлено новий метод інтегральної оцінки забруднення ґрунтів хімічними речовинами, що представляє наукову новизну роботи. Дана оцінка небезпеки забруднення ґрунтів внаслідок лісової пожежі. Значення інтегрального показника вмісту хімічних речовин у ґрунті (ІPCS) до лісової пожежі відповідає 2 класу (добрий стан), а після пожежі – 4 класу (поганий стан). Рангування хімічних речовин за значенням поелементного індексу забруднення ґрунтів (PCS) показало, що найбільшу небезпеку викликає вміст в ґрунті марганцю і цинку. Потрапляння в підземні і поверхневі води хімічних речовин, особливо важких металів, є надзвичайно небезпечним. Дана оцінка ризику для здоров'я населення за новою авторською методикою. Значення ризику для здоров'я населення після лісової пожежі відповідають 3 класу небезпеки (значний вплив на здоров'я). Визначення рівня небезпеки забруднення ґрунтів хімічними речовинами внаслідок лісової пожежі вказує на необхідність впровадження природоохоронних заходів.

Ключові слова: лісові пожежі, ґрунт, інтегральна оцінка, забруднюючі речовини, важкі метали, ризик для здоров'я населення.

Вступ. Проблема виникнення пожеж і мінімізації їх наслідків є глобальною за своїми масштабами, бо щорічно на Землі виникає близько 7 мільйонів пожеж. В Україні в середньому на рік буває близько 3,5 тис. лісових пожеж, які знищують більше 5 тис. гектарів лісу. В найбільшій небезпеці знаходяться північний та східний регіони України, де щорічно буває в середньому відповідно 37 і 40% усіх лісових пожеж [1].

В 2018 року в Україні зареєстровано 78608 пожеж. Порівняно з аналогічним періодом 2017 року спостерігається зменшення кількості пожеж на 5,4 %. Упродовж 2018 року в природних екосистемах та на відкритих територіях виникла 37181

пожежа (у 2017 році – 42214, у порівнянні з минулим роком відбулося зменшення їх кількості на 11,9 %), що становить 47,3 % від загальної кількості пожеж. Прямі збитки збільшились на 0,3 % склали 53 млн 983 тис. грн. Побічні збитки збільшились на 6,9 % і склали 1 млрд. 626 млн 226 тис. грн. Внаслідок пожеж на цих об'єктах загинуло 36 людей (у 2018 році – 40 людей), 70 людей проти 99 отримали травми [2].

Лісові пожежі є не тільки лихом для населення, а й важливим чинником локальної, регіональної та навіть глобальної екологічної динаміки, що проявляється, наприклад, в обумовлених пожежами викидах в атмосферу парникових газів і