

УДК 629.73:662.75003(075.8)

ВОСПЛАМЕНЯЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ РАЗРЯДОВ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ПРИ ЗАПРАВКЕ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ТОПЛИВОМ

Н.Е. СЫРОЕДОВ, В.Г. ПЕТУХОВ, Ф.Е. ШАРЫКИН

Статья представлена доктором технических наук, профессором Коняевым Е.А.

В статье рассматриваются вопросы совершенствования методической базы и результаты исследований воспламеняющей способности разрядов статического электричества в среде паров авиатоплива.

Ключевые слова: статическое электричество, воспламеняющая способность разрядов, авиатопливо, испытательный стенд.

При исследовании энергетических характеристик разрядов статического электричества (СЭ) важным является определение их воспламеняющей способности в среде паров нефтепродуктов. Под воспламеняющей способностью разрядов понимается величина заряда ($g, \text{мкКл}$) в разрядном импульсе, способная поджечь горючую смесь.

Исследования воспламеняющей способности разрядов СЭ проводились на полномасштабном стенде [1; 2], имитирующем заправку воздушного судна (ВС) топливом от топливозаправщика. Принципиальная схема полномасштабного стенда с дополнительной камерой, изготовленной из диэлектрического материала в виде сиффона, для исследований воспламеняющей способности разрядов СЭ в среде топливовоздушной смеси представлена на рис. 1. Камеру устанавливали непосредственно в наливном баке с топливом. Верхней частью камера крепилась к панели, на которой монтировался электрод. Панель имела отверстия для выброса продуктов сгорания. Отверстия закрывались легко откидывающимися крышками. Нижняя часть камеры ограничивалась поплавком, имеющим отверстие диаметром 200 мм.

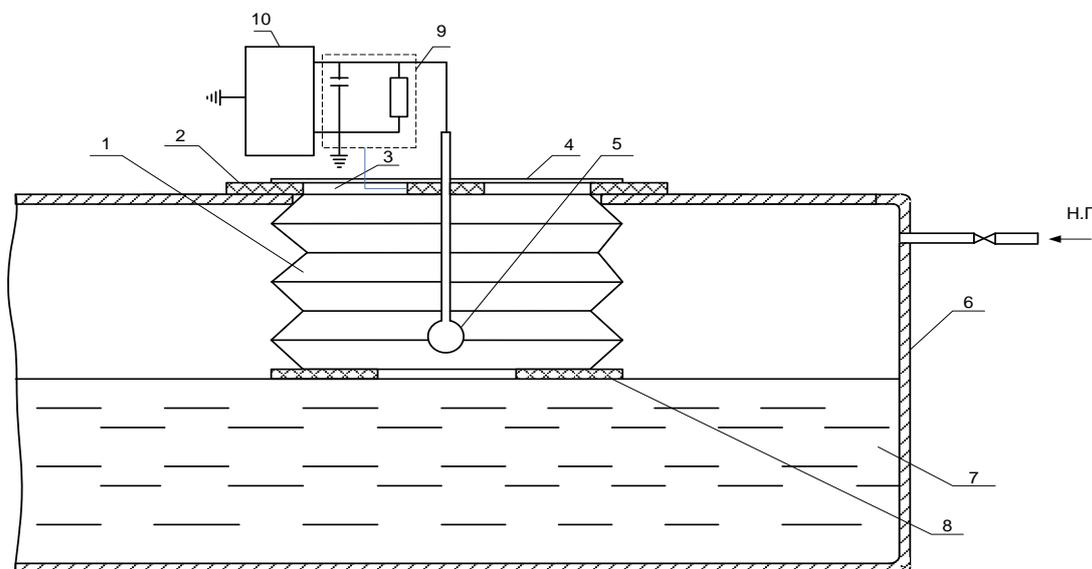


Рис. 1. Принципиальная схема полномасштабного стенда с камерой для исследований воспламеняющей способности разрядов СЭ при положительно заряженном топливе:

- 1 – сиффон; 2 – панель; 3 – отверстия для выброса продуктов сгорания;
- 4 – откидывающиеся крышки; 5 – электрод; 6 – наливной бак; 7 – топливо;
- 8 – поплавок; 9 – RC-цепочка; 10 – осциллограф с8-11

Заземление производили через схему измерения заряда в импульсе, состоящую из РС-цепочки и осциллографа с8-11. В исследованиях применялись сферические электроды диаметром 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 мм.

Целью исследований являлось определение диаметра электрода, при котором возникали разряды СЭ, способные поджечь топливоздушную (горючую) смесь.

В качестве горючей смеси использовали бензино-воздушную или пропано-воздушную смесь. Эти смеси используются при испытании взрывозащищенного электрооборудования, работающего в средах II категории взрывоопасности, к которой относятся авиационные топлива [3].

При работе с камерой использовали смесь пропана с воздухом. Как показали предварительные исследования, состав бензино-воздушной смеси в камере быстро менялся, вероятно, из-за частичной растворимости при контакте с топливом.

Перед началом эксперимента определенное количество пропана вводили непосредственно в камеру для создания в ней концентрации, близкой к оптимальной.

Если при разряде СЭ между топливом и электродом смесь взрывалась, то продукты сгорания выбрасывались через отверстия в верхней части камеры. Для того чтобы избежать воспламенения во всем объеме заправляемого бака, пространство вокруг камеры заполнялось азотом. В целях безопасности применяли топливо Т-8, имеющее температуру вспышки не ниже $+55^{\circ}\text{C}$.

В результате исследований воспламеняющей способности разрядов СЭ, развивающихся между поверхностью положительно заряженного топлива и сферическим электродом, была получена следующая зависимость (рис. 2).

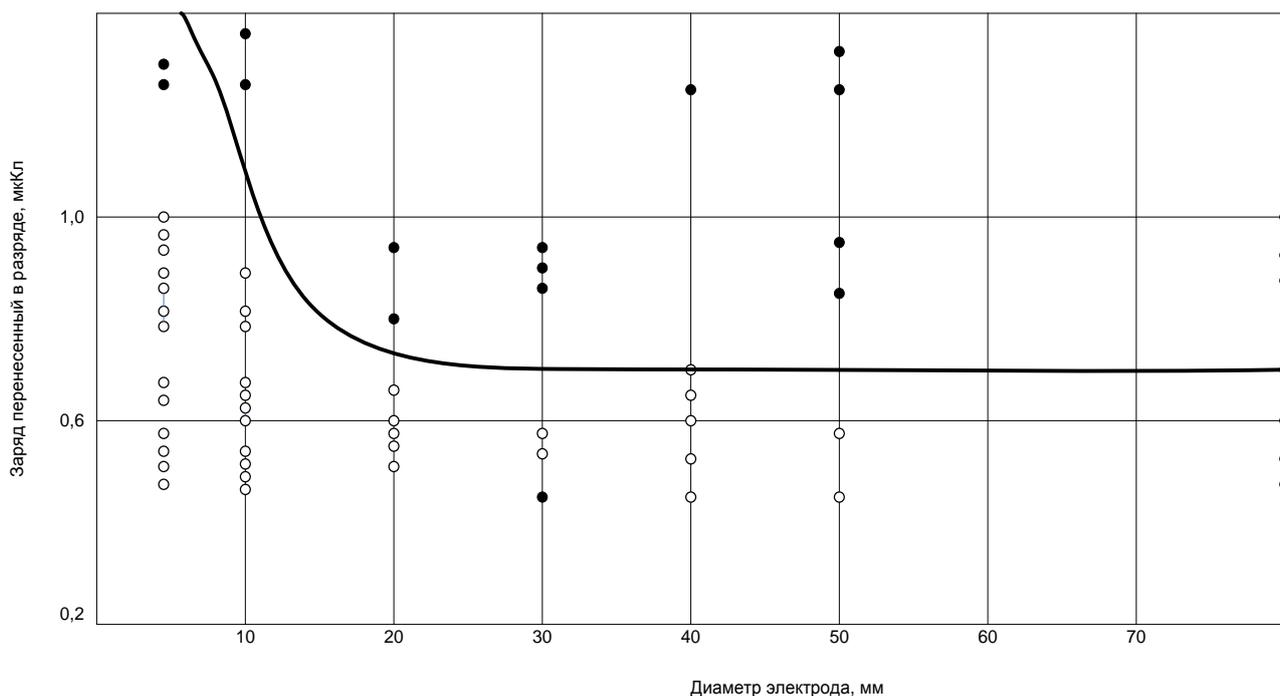


Рис. 2. Зависимость воспламеняющих значений перенесенного заряда от диаметра электрода при положительно заряженном топливе:

● - наличие воспламенения; ○ - отсутствие воспламенения

Зависимость воспламеняющих значений перенесенных зарядов от диаметра электрода получена при вероятности воспламенения, близкой к единице. При диаметрах электрода, меньших 20 мм, воспламеняющая способность разрядов СЭ резко падает, а при диаметре 20 мм и более она практически постоянна.

Большое количество экспериментальных данных, полученных на натурных стендах, а также непосредственных замеров при заправке самолетов показывает, что отечественные авиационные топлива при их прокачке через фильтры с бумажными фильтрующими элементами заряжаются положительно. При прокачке топлива через резиноканевые рукава без наличия фильтров, например, при дозаправке ВС в воздухе, топливо заряжается отрицательно [4]. В связи с этим целесообразно определение воспламеняющей способности разрядов, возникающей на поверхности не только положительно заряженного топлива, но и топлива, имеющего отрицательный заряд. Исследования при отрицательно заряженном топливе проводились на специальной лабораторной установке (рис. 3).

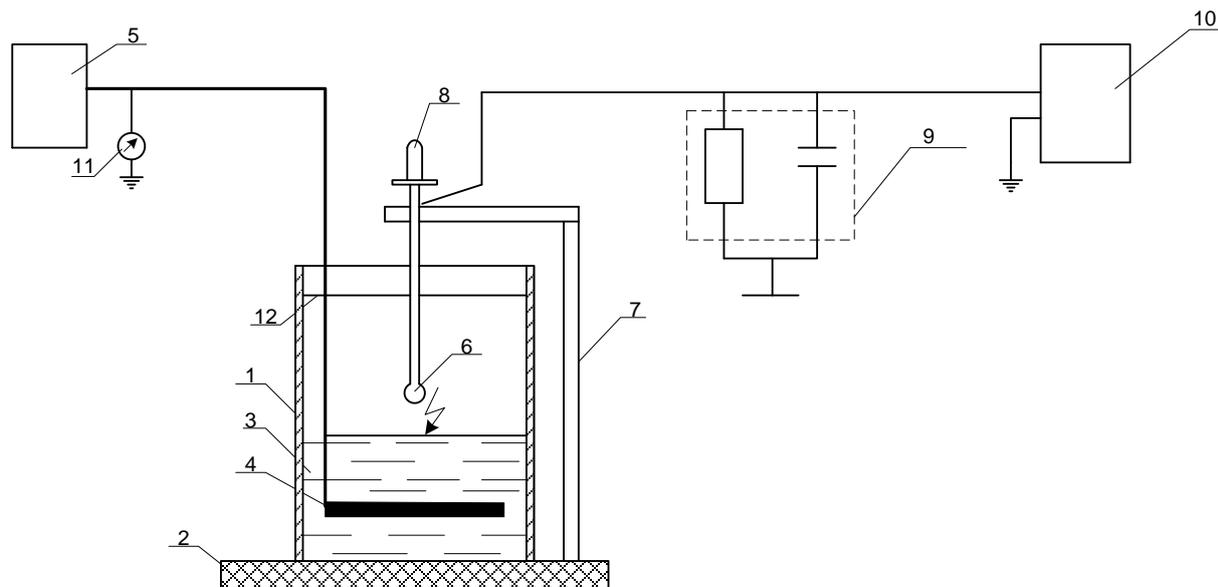


Рис. 3. Принципиальная схема лабораторной установки для исследований воспламеняющей способности разрядов СЭ при отрицательно заряженном топливе:

1 – диэлектрический сосуд; 2 – фторопластовый изолятор; 3 – топливо; 4 – пластина; 5 – высоковольтный источник АИИ-70; 6 – металлический электрод; 7 – стойка; 8 - диэлектрическая рукоятка; 9 – RC-цепочка; 10 – осциллограф с8-11; 11 – электростатический вольтметр с-96

Установка включала в себя диэлектрический сосуд цилиндрической формы диаметром 200 мм, установленный на фторопластовом изоляторе. В сосуд заливали топливо и заряжали его с помощью пластины, расположенной под поверхностью топлива от высоковольтного источника АИИ-70. Источник позволял заряжать топливо как положительным, так и отрицательным зарядом. Металлический электрод сферической формы укрепляли на специальной стойке, выполненной из диэлектрика. Диэлектрическая рукоятка позволяла изменять расстояние между поверхностью топлива и электродом. Электрод заземляли через схему измерения заряда в импульсе, состоящую из RC-цепочки и осциллографа с8-11. Измерения показали, что поверхность топлива после включения высоковольтной установки за доли секунды приобретала потенциал заряжающей пластины, который измерялся с помощью электростатического вольтметра с-96. Для определения воспламеняющей способности разрядов СЭ над поверхностью топлива, находящегося в сосуде, создавали горючую смесь пропана с воздухом. Состав смеси подбирали и контролировали таким же способом, как и при проведении исследований на натурном стенде. После приготовления горючей смеси топливо заряжали, и при достаточно мощном разряде, возникающем между электродом и поверхностью топлива, происходило воспламенение. В экспериментах на лабораторной установке использовали электроды с такими же характеристиками, что и в стендовых условиях.

Зависимость, полученная при разрядах с отрицательно заряженного топлива, приведена на рис. 4. На лабораторной установке было определено, что воспламеняющая способность разрядов, развивающихся между электродом и отрицательно заряженным топливом, существенно выше, чем разрядов с положительно заряженного топлива.

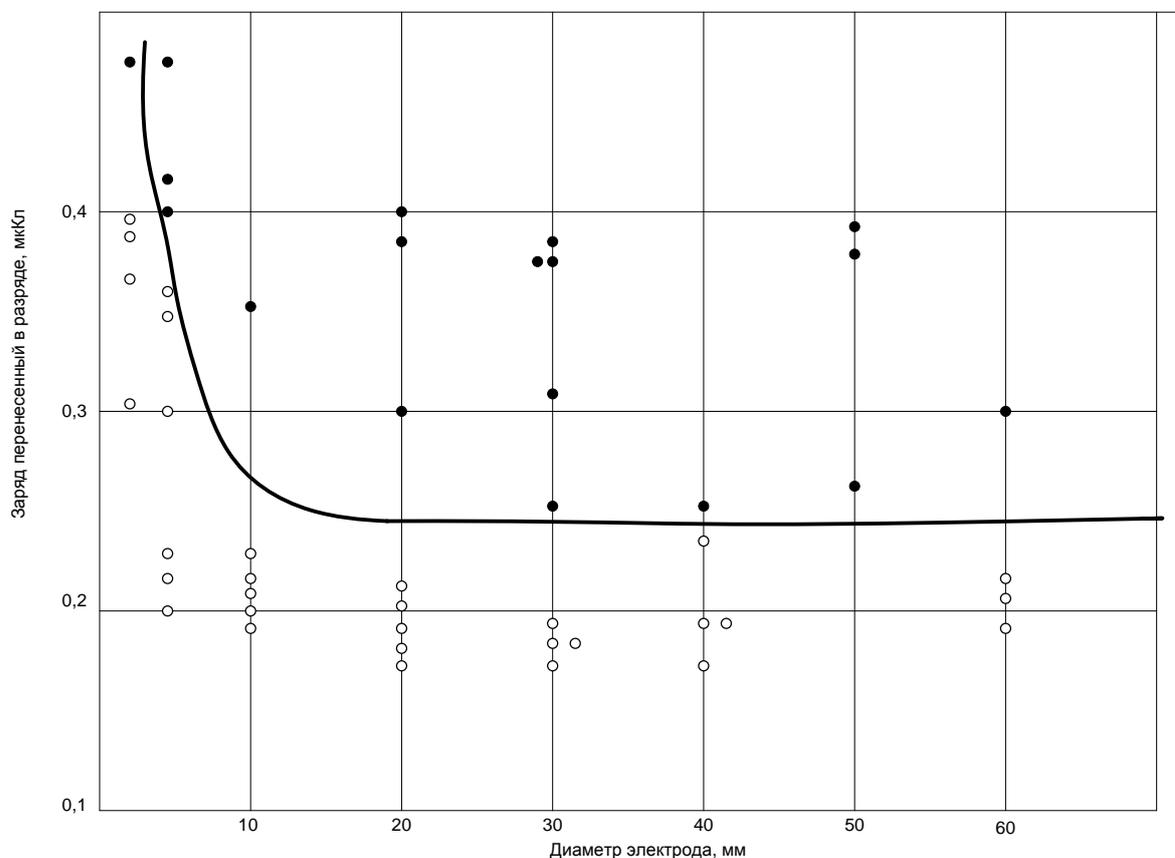


Рис. 4. Зависимость воспламеняющих значений перенесенного заряда от диаметра электрода при отрицательно заряженном топливе:
● – наличие воспламенения; ○ – отсутствие воспламенения

Исследования показали, что в зависимости от диаметра электрода имеют место разряды СЭ, возникающие на поверхности топлива с энергией, воспламеняющей топливовоздушную смесь, а также, что воспламеняющая способность разрядов СЭ с поверхности заряженного топлива при положительной полярности зависит от диаметра электрода. При диаметре электрода 20 мм и более имеет место устойчивое воспламенение паров при минимальной энергии (около 0,7 мкКл), перенесенной в разряде. При размере электрода от 20 мм до 2 мм имеют место воспламеняющие разряды СЭ с большой энергией, перенесенной в разряде. При этом имеют место разряды СЭ с энергией, недостаточной для воспламенения топливовоздушной смеси.

При отрицательно заряженном топливе воспламеняющая способность разрядов СЭ приближается к воспламеняющей способности конденсированных разрядов между металлическими электродами [3]. Устойчивое воспламенение топливовоздушной смеси имеет место при возникновении разрядов СЭ на электроде диаметром 20 мм и более.

При положительно заряженном топливе воспламеняющая способность разрядов СЭ, вероятно, из-за уменьшения концентрации энергии в единице объема существенно ниже по сравнению с воспламеняющей способностью разрядов между электродом и отрицательно заряженным топливом.

Для дальнейших исследований воспламеняющей способности разрядов СЭ на полноразмерном стенде, имитирующем заправку ВС топливом, целесообразно учитывать приведенные в статье методические приемы исследований и использовать электроды диаметром 20 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мальшев В.В.** Результаты исследований опасности воспламенения топливо-воздушных смесей в самолетных баках от разрядов статического электричества при наземной заправке топливом / Мальшев В.В., Петухов В.Г., Григорьев В.А., Горелова В.Н., Петухова Г.И.: отчет №314-79-III.
2. **А.с. № 543318 СССР.** Камера для исследования воспламеняющей способности разрядов СЭ / В.Г. Петухов, В.А. Григорьев, В.В. Мальшев, Г.И. Петухова. - 1976.
3. **Веревкин В.Н., Бондарь В.А. и др.** Взрывобезопасность электрических разрядов и фрикционных искр / под ред. Кравченко В.С. - М.: Недра, 1976.
4. **Петухов В.Г.** Результаты стендовых испытаний по определению электризуемости топлив при их перекачке по схеме дозаправки изделия 045 в воздухе / Петухов В.Г., Мальшев В.В., Григорьев В.А., Охотников Г.Г., Горелова В.Н., Петухова Г.И., Бутылин В.П., Прохоров В.П., Пустырев О.Г.: отчет №31-75-III.

INFLAMMABLE ABILITY ELECTRIC DISCHARGE OF THE STATIC ELECTRICITY IN REFUELLING AIRCRAFT

Syrojedov N.E., Petuhov V.G., Sharykin F.E.

The article deals with the improvement of the methodical base and the results of the research in the field of inflammability of static electricity discharges in the environment of aviation fuel stream.

Key words: static electricity, discharges combustion ability, aviation fuel, test stand.

Сведения об авторах

Сыроедов Николай Евгеньевич, 1935 г.р., окончил КВИАУ ВВС (1961), кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», профессор кафедры авиатопливообеспечения МГТУ ГА, автор более 140 научных работ, область научных интересов – авиатопливообеспечение аэропортов, безопасность системы заправки ВС горюче-смазочными материалами.

Петухов Валентин Георгиевич, 1937 г.р., окончил МЭИ (1967), кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», автор 25 научных работ, область научных интересов – электростатическая безопасность системы заправки ВС горюче-смазочными материалами.

Шарыкин Федор Евгеньевич, 1983 г.р., окончил Ульяновское ВВТУ(ВИ) (2006), старший научный сотрудник ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», автор 15 научных работ, область научных интересов – безопасность нефтепродуктообеспечения, фильтрация рабочих сред систем авиационной техники.