

Wolfson Electrostatics



*Department of Electronics and Computer Science
University of Southampton
Southampton SO17 1BJ England*

Telephone: +44 (0)2380 552266/592509

Fax: +44 (0)2380 593015

E-mail: wolfson@soton.ac.uk

www.soton.ac.uk/~wolfson

Отчет для

NUPI S.p.A.
Via dell'Artigianato
13 - 140023 Castel Guelfo di Bologna
ИТАЛИЯ (ITALY)

**Аудит электростатической безопасности
для системы пластиковых трубопроводов SMARTFLEX**

Отчет № 257/GLH от 13 ноября 2000 года

G L Hearn BSc CEng MIEE



1. Предисловие

Данный доклад является результатом комплексной исследовательской работы, темой которой является риск электростатического возгорания в связи с подачей воспламеняющегося топлива через систему пластиковых труб SMARTEX. В ходе исследования был выполнен ряд тестов и замеров на всех элементах системы SMARTEX, в том числе:

- 2-дюймовых и 3-дюймовых трубопроводах (63 и 90 мм диаметром)
- Электросплавных муфтах (прямых, с наклоном в 45 и 90)
- Встроенных шариковых вентилях, редуционных вентилях и металлических заглушках
- Отстойниках, манифольдных емкостях и наливных емкостях (и их комплектующих)

Первая фаза исследования проводилась на установке рядом с Болоньей в Италии, при этом был сделан ряд электростатических замеров в манифольдной емкости, отдельно отстоящей наливной емкости и камере отстойника, расположенной над топливными баками. Вторая фаза включала тесты для определения электрических/электростатических свойств трубопровода и фитингов. Эти тесты проводились в лабораториях по электростатике Wolfson Саутгемптонского университета. (Тестируемые свойства включали замеры электропроводимости/сопротивления и определение силы стенки трубы на электропробой). Для проведения третьей фазы исследования понадобилось соорудить тестовую систему трубопровода на площадке WEOTF рядом с Саутгемптоном. Целью данной фазы было определение уровня электростатического потенциала, генерируемого в условиях реального потока топлива. Для тестирования бензопровода при худших электростатических условиях в трубы накачивалась под высоким давлением смесь толуола и изооктана низкой электропроводимости, во время чего проводился мониторинг уровней электростатического потенциала на стенке трубы и других элементах, таких как электросплавные муфты. Подробное описание каждой из этих фаз содержится в соответствующем разделе данного отчета.

Данный отчет был выпущен от имени NUPI и считается собственностью NUPI, которая уполномочена обсуждать все аспекты данного исследования по своему собственному усмотрению. Wolfson Electrostatics базируется в Университете Саутгемптона и специализируется в области исследования и устранения промышленных проблем, связанных с электростатикой. Wolfson пользуется репутацией компетентной и опытной исследовательской организации в области электростатического риска, связанного с подачей топлива - среди промышленных предприятий и комитетов Международных Стандартов по всему миру. Wolfson Electrostatics представляет собой независимую и объективную организацию и не имеет совместных предприятий с поставщиками оборудования.

2. Вступление

Пластиковые трубопроводы SMARTEX используются для подачи топлива на бензозаправочные станции АЗС. Эти трубы изготавливаются из черного полиэтилена с внутренним защитным слоем, состоящим из модифицированного полиамида. Такой трубопровод имеется в ассортименте различных диаметров и длины. Трубопроводы индивидуальной длины соединяются при помощи электросплавных муфт (EFC). Данные муфты могут представлять по форме прямой коннектор с коленом в 45, 90 градусов либо Т-образный. В дополнение к муфтам, другие составные элементы трубопровода включают вентили, адаптеры, редуционные вентили, фланцы и т.д. Выпускают как одностенные, так и двустенные системы (вспомогательной герметичности).

Кроме трубопроводов и фитингов NUPI производит ассортимент полиэтиленовых отстойников, камер и наполнительных боксов.

2.1 Генерирование электростатического заряда

Исследования Саутгемптонского Университета [1,2] и других учреждений [3,4] показали, что электростатический заряд генерируется в топливе при прогоне его по трубам. Процесс накопления заряда происходит из-за присутствия ионов в промилях жидкости и ее миллиардных частицах. Положительно либо отрицательно – заряженные ионы избирательно прикрепляются к любой из внутренних поверхностей, контактирующей с топливом. Это может быть внутренняя трубка из-за избирательной химической абсорбции (и возможного вторжения ионов со стороны стенки трубы) [5]. Кроме того, в случае с пластиковыми трубами, концентрация заряда на стенке внутренней трубы может быть изменена распадом на ионы поверхностных химических соединений [6]. Вследствие этого, внутренняя поверхность трубки приобретает заряд одной полярности, и ионы противоположной полярности из топлива присоединяются к ней. Заряженный слой затем со стенки попадает в топливо и утолщается по мере уменьшения проводимости топлива, при этом результирующий заряд трубы равен нулю, когда топливо находится в покое.

Когда топливо начинает течь, ионы в пограничном слое переносятся вместе с током, при этом противоположный заряд на стенке разряжается в землю на скорости, зависящей прежде всего от проводимости материала трубы. Величина однополярного заряда, несомого топливом зависит от разницы скорости распада положительных и отрицательных ионов и скорости их поглощения на трубе. Эти свойства в свою очередь зависят от проводимости топлива и характеристик его потока, а также от размеров трубы, проводимости, химического состава и грубости поверхности [7,8,9]. Относительные изменения общего заряда ионного рассеивания и скорости поглощения на различных участках трубопровода и для различных условий течения могут быть разными, приводя к изменениям как магнитных свойств, так и знака. Любые фильтры, вентили и колена будут в общем повышать величину заряда благодаря более высокому разделению зарядов на стыках, более высокой скорости топлива и повышенной турбулентности. Аналогично, наличие свободной воды в топливе может также повысить концентрацию заряда, опять же из-за стыкового разряда, возникающего по причине большого межфазного участка эмульгированных смесей.

Электростатическое поведение топлива в заземленных металлических трубопроводах легко объяснимо. Наоборот, уровни заряда, возникающие в изолированных от электричества металлических или пластиковых трубах, могут зависеть от химического состава внутренней стенки и обычно непредсказуемы. Однако, в таких трубах величина заряда, несомого дизелем, бензином или иным изолирующим горючим (с проводимостью менее $200 \text{ pS}\cdot\text{m}^{-1}$) может уменьшаться с течением времени, если сопротивляемость внешней стенки к земле высока. Это происходит из-за того, что противоположный заряд и потенциал аккумулируются на внутренней стенке и препятствуют рассеиванию заряда.

С пластиковыми трубопроводами, как и с металлическими, начальный источник генерации заряда возникает из-за потока горячего через трубу, как описано выше. При металлических системах заряд самой металлоконструкции будет в норме заземляться. В пластиковых системах, электростатический заряд может аккумулироваться на стенке трубы и присоединенных к ней незаземленных металлических компонентах, таких как разогревающие катушки в электросплавные муфты и другие металлические фитинги. В этом заключается принципиальная разница между пластиковыми и металлическими системами с электростатической точки зрения.

Помимо механизмов электростатического заряда, связанного с потоком топлива, есть также возможность генерирования электростатического заряда за счет трения о стенку трубы других пластиковых деталей, таких как стенки пластиковых камер и вставок. В таких случаях механизм генерации заряда трения может быть протирание тканью, либо трение об одежду.

2.2 Электростатический разряд

В большинстве промышленных ситуаций при наличии воспламеняющихся проводников типа топлива или растворителей, двумя наиболее распространенными электростатическими разрядами являются «искра» и «кистевой разряд». Искровой разряд обычно случается когда электростатически изолированный проводник типа металлического компонента или даже человека, становится электростатически заряженным до высокого потенциала. Если к такому объекту приблизится другой объект с более низким потенциалом или заземлением – за момент до вступления в контакт возникнет искра. Опасность возгорания, связанная с разрядом искры прежде всего зависит от запаса электроэнергии. Запас электроэнергии в свою очередь определяется емкостью и напряжением незаземленного объекта по формуле $E=1/2 CV^2$. Поскольку емкость, и напряжение объекта можно относительно легко измерять, первоначально важно будет вычислить запас электроэнергии. Его затем можно сравнить с энергией возгорания любых присутствующих воспламеняющихся атмосфер и степень риска будет точно оценена.

В дополнении к запасу электроэнергии опасность возгорания зависит от длины разбега реальной искры. Если длина искры – менее 2 мм, разряжается в атмосферу лишь фракция термальной энергии разряда (остальное поглощается разряжаемыми поверхностями). Поскольку пробивная сила воздуха примерно 3 киловольта на мм, длина разбега 2мм искры дает пробивное напряжение 6 Квольт. Поэтому искровой разряд более низкий, чем энергия возгорания присутствующих воспламеняющихся проводников или возникший в результате электростатического потенциала значительно ниже бквольт, не несет риска возгорания.

Кистевые разряды являются электростатическими разрядами, которые возникают от изолированных материалов, таких как пластик (в противовес заряженным проводникам). Кистевой разряд сильно отличается по характеру от искрового. Он обычно обладает более низкой электроэнергией и менее опасен. Кистевые разряды обладают теоретически максимальным запасом энергии 4КДж и создают опасность возгорания с углеводородом, когда происходит разряд от отрицательно заряженной поверхности. Чтобы получить кистевой разряд, обычно необходимо сначала генерировать поверхностный потенциал около -20Квольт [10]

2.3 Опасность возгорания

Для возникновения опасности возгорания, должна присутствовать цепочка событий, отраженных в схеме 1, а также на каждый вопрос, являющийся определенной стадией процесса схемы ответ должен быть «да» .

Пары бензина воспламеняемы в пределах около 1- 7% к объему воздуха. Энергия возгорания паровоздушной смеси будет значительно отличаться от данного диапазона возгорания и иметь минимальное значение 0,25мДж соответствующее концентрации, грубо говоря средней между верхним и нижним уровнем возгорания.



Схема 1. Схема последовательности анализа электростатического риска

Для возникновения опасности возгорания во время процессов, связанных с подачей топлива, этому должно способствовать возникновение воспламеняемой концентрации и источник электроэнергии достаточный для возгорания (искровой или кистевой разряд). Целью данного исследования является установить, сможет ли такая ситуация возникнуть при использовании трубопровода SMARTEX.

3. Детальное изложение исследования

Программа данного исследования была аналогична выполненным ранее для других систем трубопроводов. В данном случае, однако, исследование распространялось не только на трубопровод и электросплавные муфты, но также на другие элементы системы, включая вентиль, отстойники и наполнительные емкости.

3.1 Замеры, взятые на передней части АЗС

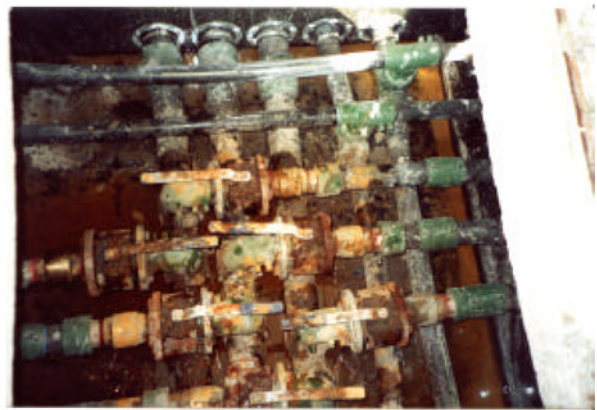
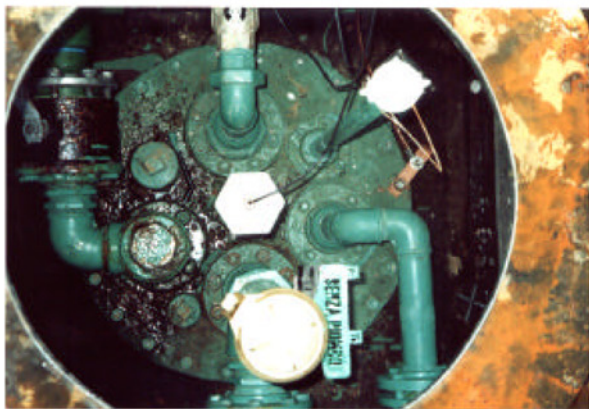
Наблюдения и замеры электростатики выполнялись на системе SMARTEX, установленной на АЗС Agip в пригороде Болоньи. Целью данной стадии исследования было: определить и выполнить измерения по возможности на потенциальных источниках электростатического разряда (искрового или кистевого), который возникает при наличии возгораемой паровоздушной топливной смеси. Первым инспектируемым элементом системы SMARTEX была удаленная наливная емкость (заправочная канистра). Данная емкость указана на таблицах 1 и 2.

Сама емкость изготовлена из полиэтилена и вмещает кончики трубопровода для подсоединения к бензовозу. В ней имеются соединительные патрубки как для подачи жидкого горючего, так и для рекуперации. Данные металлические наконечники были все заземлены. Было, однако, отмечено, что внутри наливной емкости имеются другие элементы – незаземленные. В них входили кольца сливного пистолета, арматурный стержень вдоль кромки отверстия наливной канистры и металлические пруты, фиксирующие крышку при открытии емкости. Замеры емкостного сопротивления на этих трех элементах соответственно - 7.5pF, 34pF и 31pF.

В результате энергичного протирания пластиковой канистры бумажной салфеткой были получены сравнительно высокие уровни отрицательного заряда, местами выше -20Квольт. Поэтому, следует учесть, что на крышке возможен кистевой разряд, хотя он не наблюдался. Относительная влажность во время проведения тестов составляла 67%. Однако, при более низких показателях влажности возможен электростатический заряд.

Был также протестирован топливный отстойник. Он является опять же пластиковой вставкой, расположенной между верхом подземного резервуара для хранения и поверхностью земли. Отстойник содержит множество компонентов вкуче с отсеками из металла и пластиковыми трубами. Внутренность отстойника показана на таблице 3.

Единственные обнаруженные здесь изолированные компоненты – электросплавные муфты в начале пластикового трубопровода. Измерение емкостного напряжения таких муфт дало значения 5.6 – 7.0 pF на отрезке в 2 дюйма (восстановление паров) и 13 – 27 pF для 3-дюймового отрезка.



Вверху: Фото 1 и 2 Удаленная наливная емкость (слив бензовоза в топливный резервуар).

В центре: Фото 3 и 4 Внутренний отстойник (слева). Внутри манифольдной камеры.

Внизу: Фото 5 и 6: Испытательная установка топливного тока Wolfson Electrostatics.

При протирании внутренней поверхности пластикового отстойника никакого существенного электростатического заряда не возникло. Это можно отнести к наличию большого количества поверхностной влаги и загрязнения повсюду.

Завершающие наблюдения и измерения на этой стадии исследования выполнялись внутри манифольдной емкости. Манифольдная емкость сама захоронена и содержит серию трубопроводов, подающих горючее между канистрами и дисперсными насосами. Весь трубопровод здесь из пластика и снабжен множеством электросплавных муфт, вентилях, пистолетов и зажимов.

Внутренняя часть манифольдной коробки показана на фото 4. Фото 1 отражает значения емкостного напряжения для этих компонентов.

Таблица 1. Емкостное напряжение на изолированных металлических компонентах манифольдной коробки

Продукт	Емкостное напряжение
1 1/2 электросплавная муфта	4.8 – 11.0 pF
2" электросплавная муфта	3.9 – 7.4 pF
3" электросплавная муфта	13 – 31 pF
Вентили на 2" отрезке	23 – 24 pF
Металлические кольца пистолета	25 – 44 pF
«Jubilee» зажимы	25 pF

Протирание пластиковых поверхностей самой манифольдной коробки (например, ее стенки) не произвело никакого значительного электростатического заряда. Опять же, из-за присутствия на поверхности загрязнения и влаги.

3.2 Электрическое сопротивление и противопробойная сила трубопровода SMART-FLEX

Эти замеры были произведены в Лаборатории Wolfson Electrostatics в Университете Саутгемптона. Тесты на поверхностное сопротивление проводились на новых образцах 2 дюймового и 3 дюймового трубопровода SMARTEX методами типа Стандартов DIN/VDE 11 и ANSI/ASTM12. Электроды концентрического кольца подцеплялись к внутренней поверхности каждого из образцов труб. Подавалось напряжение 5 Квольт постоянного тока на внешнее кольцо, мониторировался ток между электродами. Поверхностное сопротивление вычислялось по методу, данному в Стандартах. Значения сопротивления, полученного на образцах, превышали 10^{14} Ом. Данные значения верны для полиэтилена и сверены с опубликованными данными по этому материалу.

Анти-электропробойная сила стенки трубы определялась в соответствии с BS 7506 [13] как для 2-х дюймовых, так и для 3-х дюймовых отрезков трубопровода. Процедура испытания включала применение коллоидно-графитового покрытия (служившего электродом высокого напряжения) в обмотке вокруг внешней стенки тестируемого отрезка трубы. К нему подсоединялся вывод постоянного тока генератора ЕНТ. При помощи взвешенного заземленного электрода, подсоединенного к внутренней поверхности трубы, присоединенной к электроду высокого напряжения, - поле высокой силы тока пропускалось сквозь толщину стенки трубки. Потенциал на графическом электроде медленно повышался до 200 кВ. Такое напряжение поддерживалось несколько минут, при этом каких-либо признаков пробоя не наблюдалось. Такой результат был предсказуем с учетом толщины стенки трубы и данным отчетов в пределах от 100 до 400кВ на мм.

3.3 Электростатический потенциал, полученный во время прохода горючего

Для изучения электростатических потенциалов на различных элементах системы трубопровода SMARTFLEX был создан испытательный трубопровод. Испытательная установка позволяла взять электростатические замеры в разных точках во время прохода топлива низкой проводимости, которое накачивалось через трубопровод SMARTFLEX на высокой скорости при помощи пневматического диафрагменного бензонасоса.

Детали испытательной установки даны на Схеме 2. Тестируемая система SMARTFLEX включала две ножи, одну трубу 2” диаметра и другую 3” трубу, состыкованные вместе с помощью вентиля SDVS632. Она также включала множество электросплавных муфт (прямых 45 0 и 90 0), которые указаны на Схеме 2 под кодовыми номерами из каталога. Для имитации заземления трубы, определенные отрезки были покрыты заземленной алюминиевой фольгой. Эти отрезки также указаны на Схеме 2. Вентили вместе с электросплавными муфтами были оставлены незаземленными для создания условий, близких к реальным. Предварительные измерения емкостного напряжения этих компонентов показали, что они находятся в пределах измерений, сделанных ранее на системе, установленной на АЗС в Болонье.

Для проведения таких испытаний при прогоне горючего, было закуплено 600л очищенного изооктана и толуола (смеси 50:50) в BP International Ltd. Электропроводимость горючего измерялась BP, полученное значение ниже 10 picoSiemens на метр. После доставки на Wolfson Electrostatics проводимость горючего снова была протестирована при помощи более сложного устройства и произвела значение около 4 pS.m⁻¹. До выполнения тестов прохода топлива, 200л топлива низкой проводимости были использованы для продувки и очистки таких элементов, как насос, гибкие шланги, фитинги и наклонных труб. Для данных испытаний был выбран насос, способный подавать топливо при максимальной для АЗС скорости течения (для того, чтобы достичь наилучших возможных для данного испытания условий возникновения электростатического заряд).

Фотоснимки теста даны на фото 5 и 6. Фото 5 демонстрирует приемный и передаточный 200 л баки (с встроенными наклонными трубами), диафрагменный бензонасос и компрессор, гибкие шланги и часть испытываемой трубопроводной системы SMARTFLEX. Эти составляющие были расположены вне основной площадки испытаний. На Таблице 6 показана другая секция тестируемого трубопровода SMARTFLEX, включающая часть 3” отрезка, покрытую заземленной алюминиевой фольгой, симулирующей заземление. На переднем плане этого фотоснимка видно вентиль, присоединенный к электростатическому вольтметру для измерения потенциала. Вольтметр, в свою очередь, подсоединен к компьютеру для постоянного мониторинга возникающего электростатического потенциала.

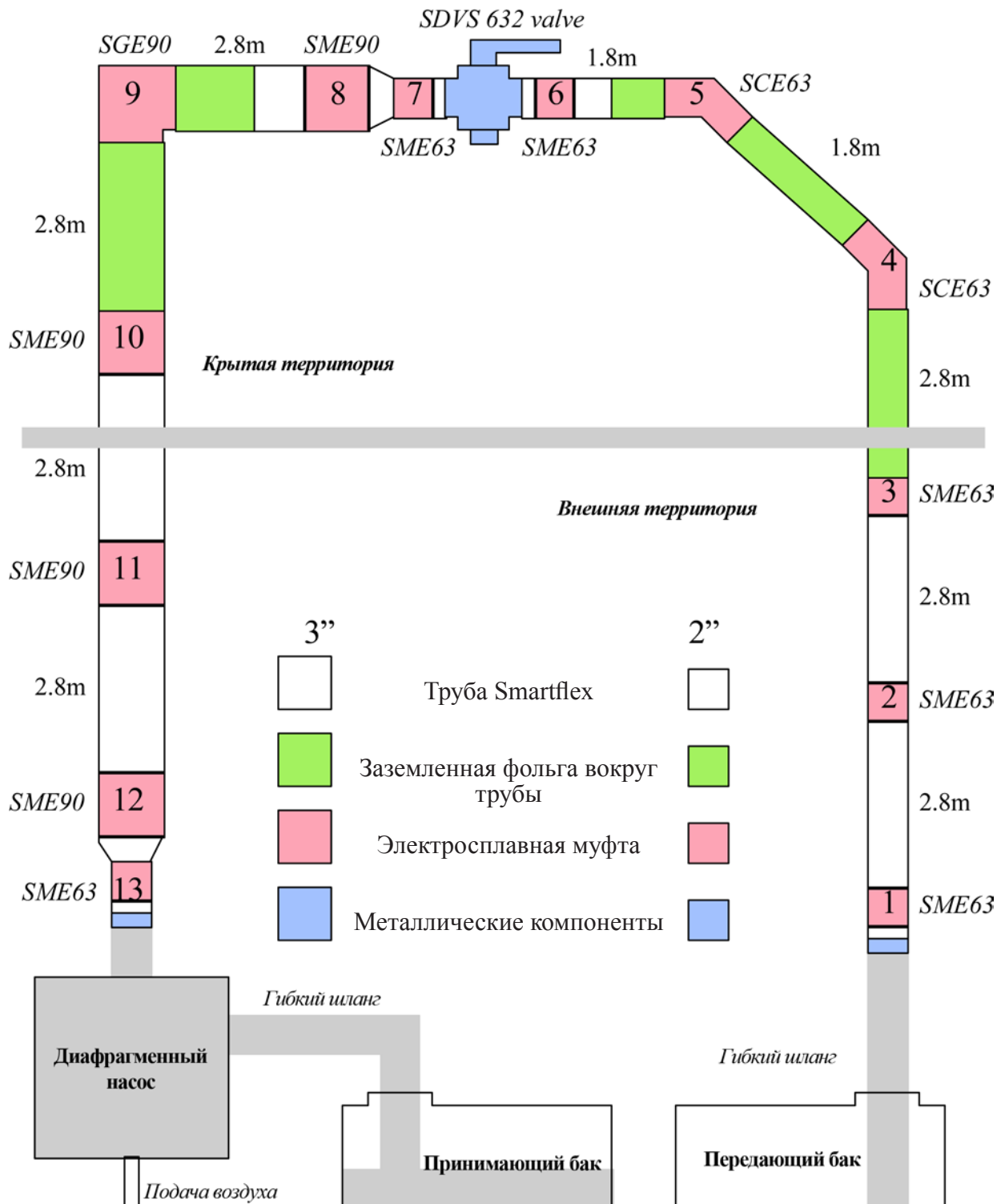


Схема 2. Испытательный трубопровод для испытаний потока топлива

Всего было проведено 22 теста, основными переменными были взяты направление течения и проводимость горючего. Все прогоны выполнялись при максимальной скорости накачки и поэтому полученные данные относятся к максимальным достижимым скоростям потока (в литрах в минуту). На Таблице 2 перечислены в хронологическом порядке пробеги и указана длительность пробега, скорость течения горючего, направление течения и проводимость горючего. Надо отметить, что проводимость горючего измерялась в начале и финале каждого пробега. Пробеги, где проводимость горючего регулировалась, даны в таблице. Регулировка проводимости горючего делалась прибавлением патентованного «исправителя проводимости». В данном случае добавкой служил 425, приобретенный у Associated Octel Ltd.

Таблица 2. Тестовые прогоны горючего

Пробег теста	Время протока для 200л горючего (сек.)	Направление течения горючего		Проводимость (pS.m-1)		Примечания
		EFC1-13	EFC 13-1	Начало	Окончание	
1	42	*		4	43	
2	42	*		43	48	
3	41	*		48	50	
4	41	*		50	51	
5	40	*		51	55	
6	59	*		55	55	
7						Прогон прерван
8	42	*		55	58	
9	41	*		58	64	
10	50		*	48	50	Обратное направление течения
11	46		*	50	88	Обратное направление течения
12	50		*	88	80	Обратное направление течения
13	60		*	80	68	Обратное направление течения
14	38	*		68	68	
15	41	*		68	82	
16	45	*		80	80	
17	44	*		123	151	Добавка исправителя проводимости
18	40	*		151	200	Добавка исправителя проводимости
19	41	*		200	230	Добавка исправителя проводимости
20	41	*		230	230	Добавка исправителя проводимости
21	35	*		470	500	Добавка исправителя проводимости
22	35	*		500	500	Добавка исправителя проводимости

Дополнительно к мониторингу скорости прогонки топлива и проводимости, для каждого из 22 прогонов выполнялось измерение величины электростатического потенциала на стенке трубы, электростатический потенциал, возникающий на электросплавных муфтах и потенциал на вентиле. Эти замеры выполнялись как во время, так и через 10 минут после каждого прогона. Целью последних замеров было: установить, возникают ли потенциалы достаточной величины внутри системы трубопровода SMARTEX в период после прогонки топливного потока и установить период разрядки данного заряда.

За весь период испытаний временной отрезок прогона был относительно постоянным, при скорости потока от 200 – 340 л/мин. Для всех испытательных прогонов диафрагменный насос располагался вниз по течению трубопровода (другими словами, насос прокачивал топливо сквозь трубу). Это означало, что замеренный электростатический заряд на трубе и фитингах возникал из-за течения топлива через трубу скорее, чем из-за работы насоса. Испытательные пробеги с 1-9 включительно выполнялись при потоке горючего из 2” отрезка трубы в 3” отрезок. Направление потока поворачивалось в обратную сторону для прогонов 10 – 13 включительно. Прогоны 14 – 16 выполнялись при только частично открытом вентиле (SDVS632). Это не произвело значительного воздействия на образующиеся электростатические потенциалы в данных тестах. Наконец, пробеги 17-22 включительно были предприняты с добавкой в горючее добавки Stadis 425.

Максимальные значения электростатического потенциала, полученные на отрезках трубопровода SMARTEX, оказались низкими. Во время каждого пробега, стенка трубы сканировалась с помощью электропотенциометра и максимальное значение записывалось. Самые высокие цифры, полученные за 22 пробега, составили +14кВ и -1.1кВ. Эти значения согласовывались с предыдущей работой.

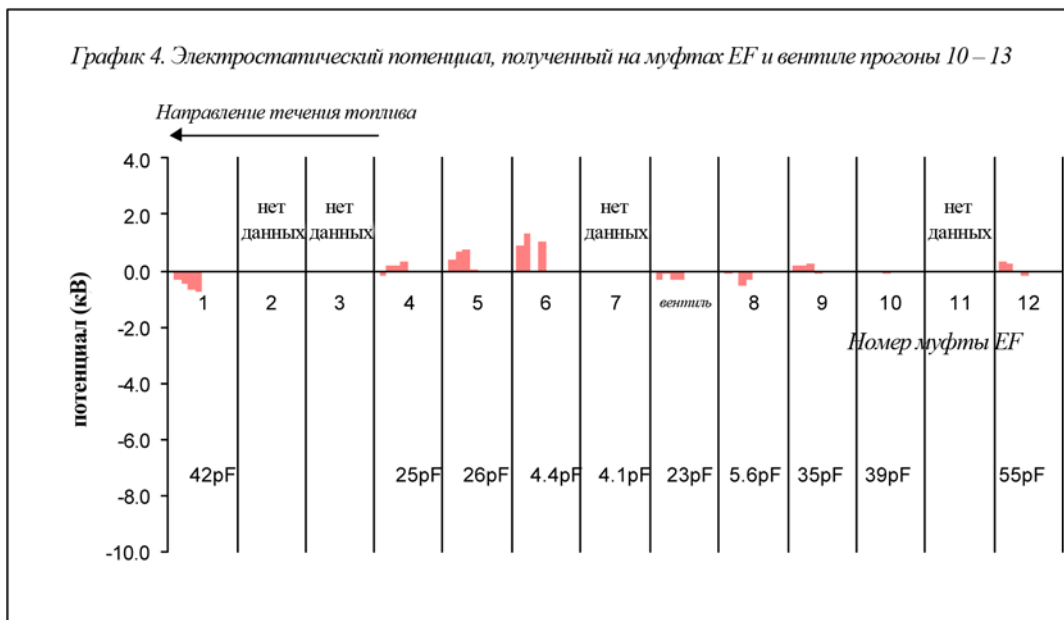
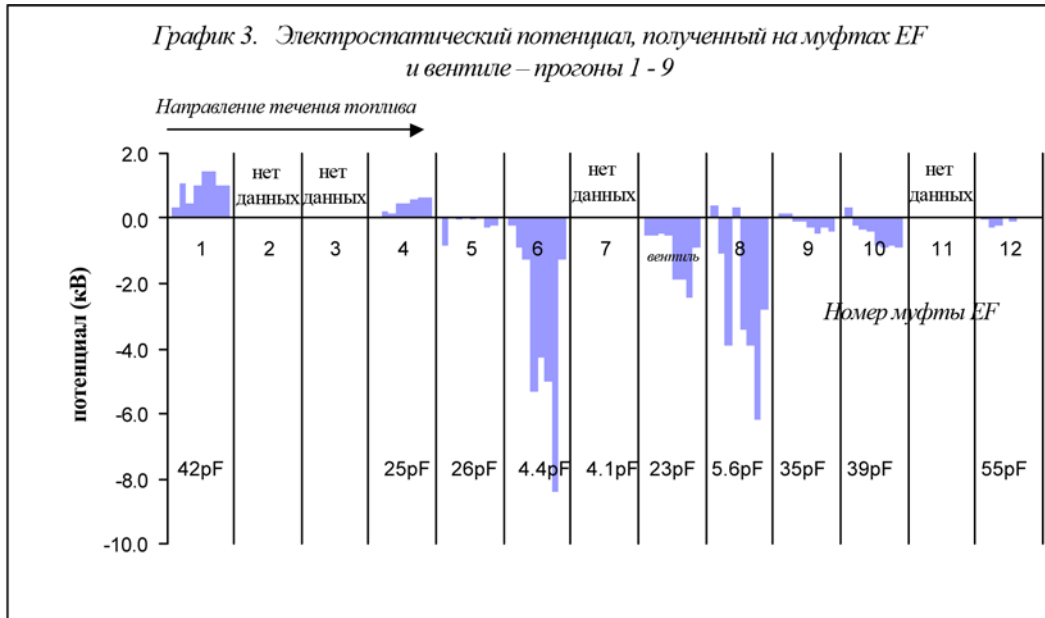
Электростатические потенциалы, возникающие на электросплавных муфтах и вентиле приведены на Схемах 3 – 7. На Схеме 3 показаны потенциалы, полученные во время прогонов 1 – 9 на каждой из 12 электросплавных муфт и вентиле - в виде графика. Каждый столбец на графике представляет тестовый прогон. Как ожидалось, эти муфты с относительно высокой проводимостью продемонстрировали самые низкие потенциалы, - при этом самые высокие потенциалы были списаны с электросплавных муфт 6 и 8 (4.4pF и 5.6pF соответственно). Самое высокое значение электростатического потенциала на вентиле составило -2.5кВ.

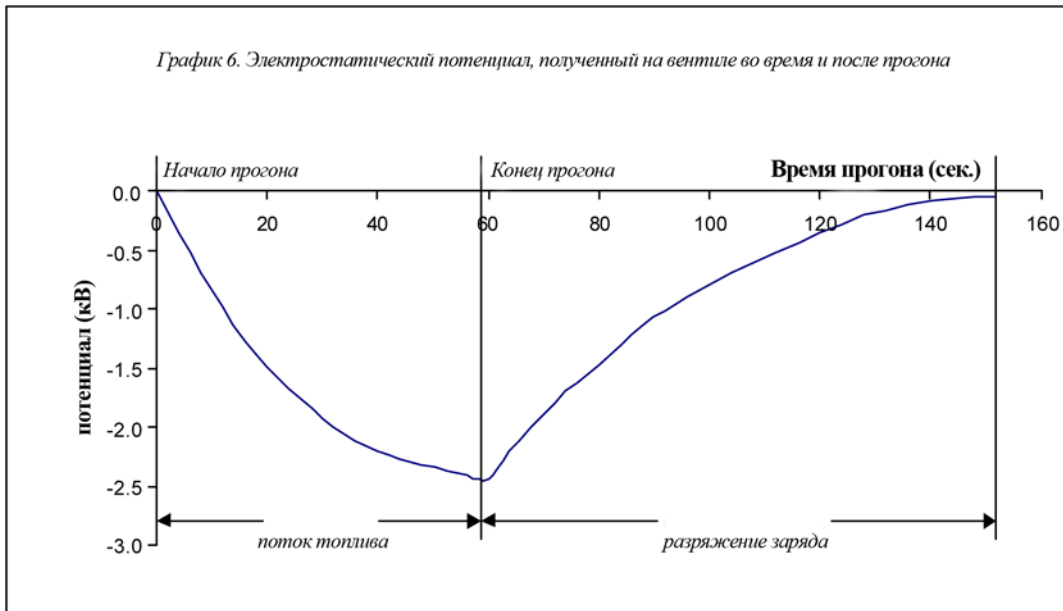
Аналогичные данные представлены на Схеме 4, только на этот раз направление течения топлива было развернуто в обратную сторону. Наблюдалось также различие полярности потенциалов, полученных на некоторых EFC. На Схеме 5 представлены данные для изначального направления течения горючего, но на сей раз - при проводимости топлива, модифицированной добавкой Stadis 425.

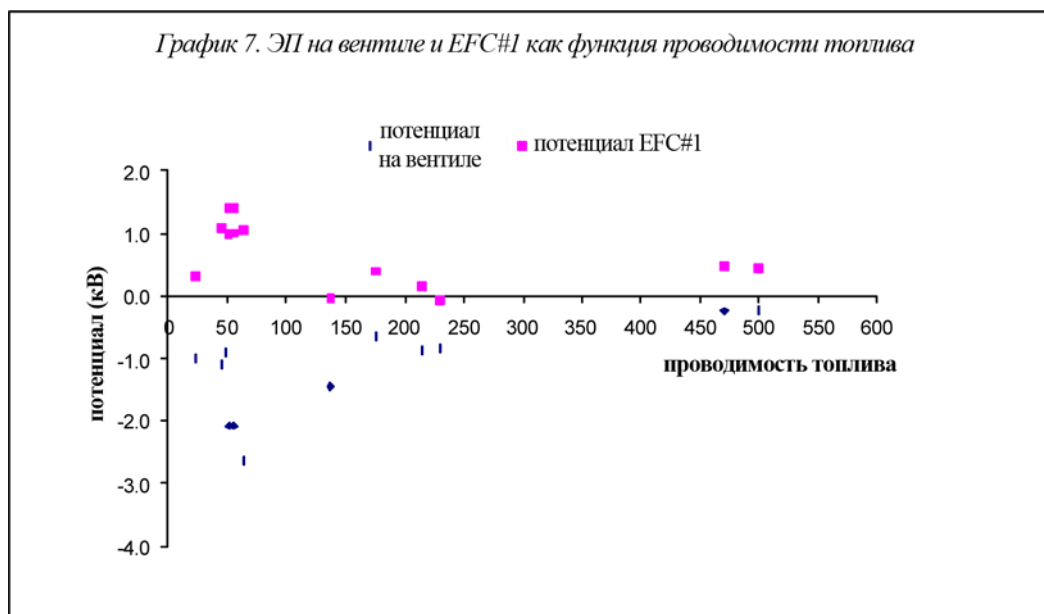
Схема 6 является примером того, как ЭП возникает на вентиле SDVS632 во время прогона и сразу после прогона горючего. Можно видеть на схеме, что ЭП появляется вскоре после начала прогона, но затем начинает подниматься до максимума (хотя этот максимум не достигнут за время всего прогона). Этот эффект имеет место из-за того, что внутренняя стенка трубы заряжается от процесса расщепления заряда. По окончании прогона и перекрытии тока топлива, наблюдалась значительная степень расщепления данного заряда, при которой весь накопленный электростатический заряд разрядился за 1.5мин. Это было зафиксировано при помощи замеров на всех электросплавных муфтах через 10 мин после окончания каждого прогона, причем наблюдались гораздо более низкие значения ЭП.

Схема 7 демонстрирует, как ЭП на вентиле и первой электросплавной муфте изменяется, будучи функцией проводимости горючего. На этом графике довольно ясно видно, что максимальные значения потенциала наблюдались при проводимости в 50 pS.m⁻¹.

Повышая проводимость горючего до свыше 200pS.m⁻¹, получали значительно более низкие уровни потенциала. Данные заключения вполне соответствуют работе, проведенной Von Pidoll et all [14] из РТВ, Германия. Результаты, полученные Von Pidoll из наблюдений на 4 типах углеводородов, включая коммерческий бензин, показали максимальные уровни электростатического заряда при проводимости в пределах 10 – 50 pS.m⁻¹







4. Выводы

Относительно вопроса риска электростатического возгорания, связанного с трубопроводами системы SMARTFLEX, можно сделать следующие выводы:

1. Для заземленных трубопроводов использование пластика имеет множество преимуществ перед металлом. Данное исследование показало, что никакого значительного возрастания риска возгорания не появляется в работе со SMARTFLEX по сравнению с традиционными металлическими трубопроводами, устанавливаемыми на переднем дворе АЗС.
2. Результаты испытаний согласуются с результатами, полученными другими исследовательскими программами на подобных системах.
3. Отталкиваясь от тестов данного исследования по прогону топлива, не обнаружено никакого риска кистевых разрядов на трубе вследствие прогона топлива.
4. Возможно только возникновение искровых разрядов на изолированных металлических компонентах - таких как вентили, электросплавные муфты, пистолеты и др., если они несут электростатический потенциал. Максимальный потенциал, который наблюдался во время прогона топлива, составил 8.4 кВ на EFC с емкостным напряжением 4.4pF. Выраженный единицами энергии электростатического разряда, он составил 0.16 мДж. Данная цифра ниже минимальной энергии возгорания паров бензина равной 0.25 мДж. Следовательно, электростатические разряды с такой энергией недостаточны для возникновения опасности возгорания.
5. Проход топлива при высокой скорости в течение более длительного периода времени, чем тестовый прогон может дать результаты незначительно превышающие (см. График б). В этом случае минимальная энергия возгорания топлива может быть достигнута на электросплавных муфтах и вентиле внутри отстойника. Если вдруг она возникнет, то просуществует лишь короткое время, поскольку заряд начнет разряжаться как только остановится ток топлива.

Разумно сделать вывод, что при таких условиях нет никакой значительной опасности возгорания. Заземление таких компонентов будет, безусловно, поддерживать нулевой потенциал, только в качестве опции, а не обязательного требования.

6. У трубопроводов различной конфигурации значения электростатических параметров могут слегка расходиться. Однако, испытаниям в данном исследовании подверглись различные составляющие, такие как колена, вентили и др., т.е. система данных испытаний подвергла предмет доскональному изучению.

7. Типичные значения скорости прогона на АЗС – в пределах 40 – 50 л / мин на форсунку. Учитывая, что 4 или 5 форсунок могут подавать топливо одновременно через один трубопровод, скорость течения, примененная в испытаниях данного отчета, создает наихудшие возможные реальные ситуации.

8. Электростатические потенциалы, полученные на стенках трубопровода во время прогона топлива по крайней мере на два порядка ниже силы электрического пробоя стенки трубы.

9. При определенных экстраординарных ситуациях, внутри открытого отстойника или наливной емкости может существовать чувствительная атмосфера паров бензина в воздухе. Такие условия могут сложиться, когда персонал работает внутри или вблизи открытого отстойника или наливной емкости. Это применимо ко всем камерам такого типа независимо от изготовителя, конструкции и материала. Следовательно, подобную ситуацию в смысле опасности возгорания следует обязательно учитывать.

10. Когда рядом с наливной емкостью и отстойником нет работающего персонала, единственным механизмом генерации заряда служит ток топлива. Не существует значительного риска электростатического возгорания из-за прогона топлива в наливных емкостях и отстойниках. Когда человек попадает в такую камеру, заряд может скопиться на его одежде или теле, а также на пластиковых стенках камеры из-за трения или движений человека.

11. Наибольшая степень риска возгорания исходит от тела человека, работающего внутри камеры, если он при этом не пользуется антистатической обувью. В данном отчете описаны не функции и свойства отстойников и наливных емкостей. В качестве рекомендаций следующие 4 положения даны в конце отчета.

12. Внутренняя стенка наливной емкости, манифольдной камеры или отстойника должна быть тщательно оттерта и отполирована при обнаружении топливо – воздушной смеси.

13. Металлические кольца пистолетов для труб должны проверяться на заземление, как только установлена камера. Эти элементы не обязательно заземлять при помощи отдельного провода, кабеля или ленты, если заземление обеспечено напрямую самой землей снаружи камеры. Данные элементы не несут риска возгорания из-за прогонки топлива, но могут создать риск искровых разрядов, если стенки камеры зарядятся трением или полированием.

14. Персонал, имеющий доступ или работающий внутри такой камеры, будь она пластиковой или металлической, должен носить подходящую антистатическую обувь. На все типы камер рекомендуется наклеить флажок, предупреждающий персонал о необходимом надевании антистатической обуви Standard BS 7913 или специального снаряжения.

15. В заключении следует отметить, что при соблюдении всех выше указанных рекомендаций при всех практических условиях пластиковые трубопроводные системы SMARTFLEX и их составляющие (вентили, электросплавные муфты и т.д.) и камеры, такие как удаленная наливная емкость, манифольдная камера и отстойник – не представляют повышенной опасности электростатического возгорания по сравнению с металлическими системами.

16. В качестве дополнительной меры предосторожности можно посоветовать персоналу не входить в отстойник или другие подземные камеры во время или непосредственно после прогона топлива.

5. Ссылки

- [1] Hughes, J F, Trans. I. Mar. E., 92, 2, 1980.
- [2] Bright, A W, J Electrostatics 4, 131, 1977-1978.
- [3] Klinkenberg, A, Proc. 2nd Cong. On Static Electrification, Inst. Phys. Conf. Ser. No. 4, 63, 1967.
- [4] Gibson, N, Static in Fluids, Proc. Inst. Phys., Static Electrification Conf., 1971.
- [5] Feleci, N J, Conduction and Electrification in Dielectric Liquids: Two Related Phenomena of the Same Electrochemical Nature, J Electrostatics, 15, 291-7, 1984.
- [6] Ottewill, H, Electrostatics in Colloid Science, Static Electrification (London), Inst. Phys. Conf Ser. 48, 257-264, 1975.
- [7] Koszman, I and Gavis, J, Chem. Eng. Sci. 17, 1013 and 1023, 1962.
- [8] Gibson, N and Lloyd, F C, J. Phys. D: Applied Phys., 3, 563, 1970.
- [9] Gibbings, J C and Hignett, E T, J. Electroanalytical Chem., 16, 139, 1968.
- [10] Britton, L G, Avoiding Static Ignition Hazards in Chemical Operations, Am. Inst. Chem. Eng., ISBN 0-8169-0800-1.
- [11] DIN 53482/VDE 0303 Part 3, Tests on Materials for Electrical Purposes, 1983. (Germany).
- [12] ANSI/ASTM D257-78, Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials, 1978. (USA).
- [13] BS 7506 Part 2, Methods of Measurement in Electrostatics, 1996. (UK).
- [14] Von Pidoll, U, Kr@mer, H and Bothe, H, Avoidance of Electrostatic Hazards during Refuelling of Motor Cars, J. Electrostatics 40&41, 523-528, 1997.