



**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
Ульяновский институт гражданской авиации  
имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева**

**Дисциплина:** «Технические средства авиатопливообеспечения»

**Тема № 14:** Безопасность эксплуатации оборудования авиатопливообеспечения.

**Занятие № 14/2:** Обеспечение электростатической искробезопасности оборудования авиатопливообеспечения.



## Содержание:

### Введение

### Учебные вопросы:

1. Теоретические основы образования электростатических зарядов в топливе.
2. Способы и средства обеспечения электростатической искробезопасности.
3. Состав и устройство средств заземления и выравнивания потенциалов заправочного оборудования.

### Заключение



## Литература:

### Основная:

1. **ГОСТ 12.1.018-93** - Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования
2. **ГОСТ Р 52274-2004** - Электростатическая искробезопасность. Общие технические требования и методов испытаний.

### Дополнительная:

3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2012 года **№ 777** «Об утверждении Руководства по безопасности для нефтебаз и складов нефтепродуктов».
4. Временные правила защиты от проявлений статического электричества на производственных установках и сооружениях нефтяной и газовой промышленности **РД 39-22-113-78**.
5. Правила защиты от статического электричества **НПАОП 0.00-1.29.-97**.
6. Стандарт **NEPA 407**. Приложение А



# **Теоретические основы образования электростатических зарядов в топливе**



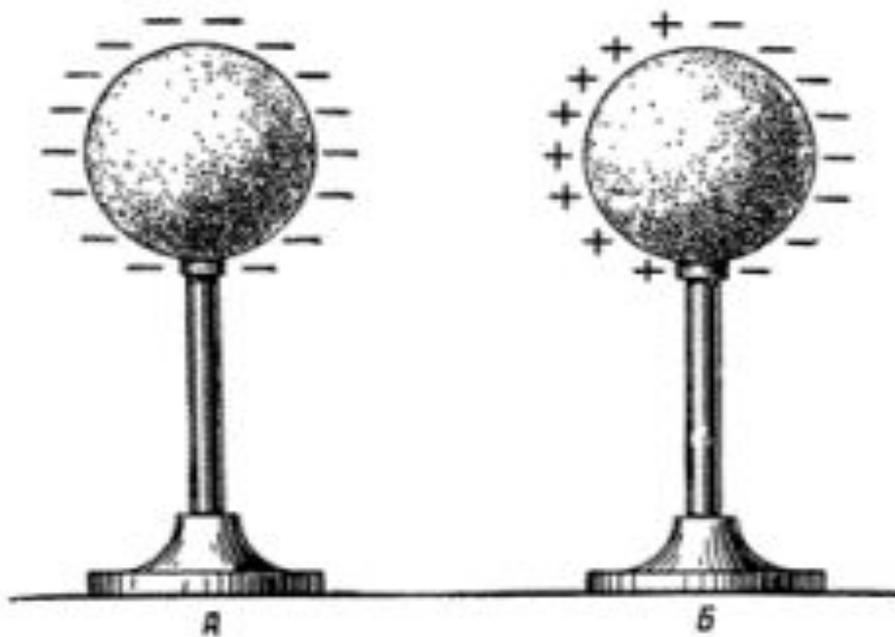
**Статическое электричество** - совокупность явлений, связанных с разделением положительных и отрицательных электрических зарядов, сохранением и релаксацией свободного электростатического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков или на изолированных проводниках.

Процессы наполнения цистерны ТЗ и заправки ВС топливом связаны с **электризацией топлива** - накоплением зарядов электростатического электричества в объеме, разность потенциалов которых может достигнуть большой величины, превысить пробивное напряжение и стать причиной электрических искровых разрядов вблизи поверхности раздела фаз топливо - воздух.

Заряды могут образовываться в потоке топлива при перекачке по трубопроводу, раздаточному рукаву и при фильтрации.



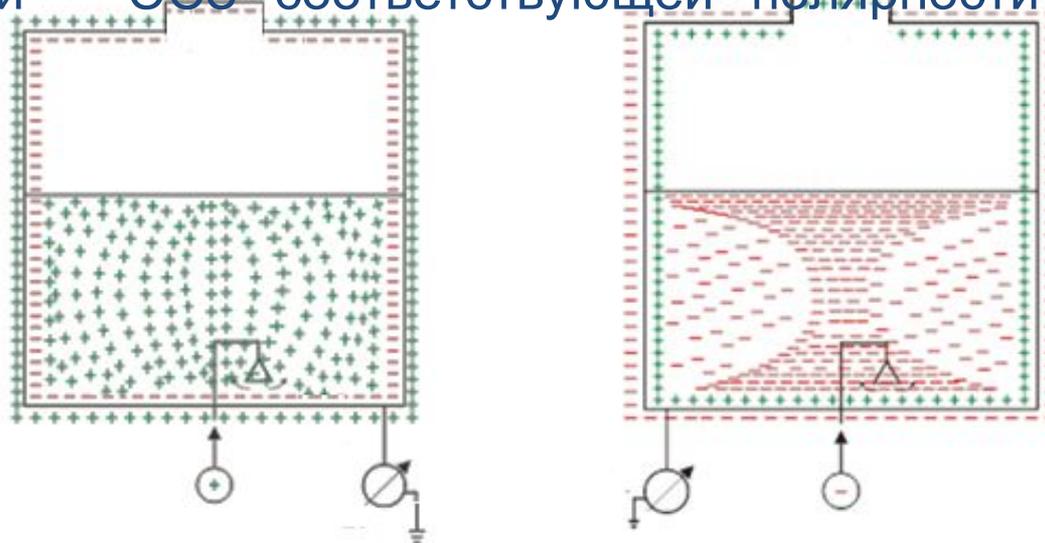
Процесс образования электростатических зарядов в топливе связан с явлением **электростатической индукции** – способом электризации (разделения зарядов) тел и жидкостей на расстоянии.





## Электростатическая индукция в емкости с топливом

При поступлении наэлектризованного топлива в цистерну ТЗ или бак ВС за счет индукции электростатических зарядов топлива на внутренней поверхности цистерны (бака) образуются ЭСЗ противоположной полярности зарядов в топливе, а на внешней стороне емкости – ЭСЗ соответствующей полярности зарядам в топливе.



Авиатопливо, являясь хорошим диэлектриком, накапливает электростатические заряды **на поверхности** и **в объеме**. При наличии в топливе ЭСЗ **положительной полярности** опасный уровень напряжения, способный поджечь топливовоздушную смесь, **в четыре раза больше**, чем при отрицательной полярности.



**Основной причиной** образования электростатических зарядов является **взаимное трение** между частицами испаряющегося авиатоплива и пограничными поверхностями.

При поступлении заряженного авиатоплива в цистерны ТЗ (топливный бак ВС) происходит одно из двух возможных событий:

- **заряд без последствий разряжается в землю;**
- **происходит искровой разряд.**

**Возможность воспламенения от искрового разряда** зависит от величины заряда, электропроводности и скорости движения топлива, интенсивности образования пузырьков воздуха и состава смеси воздуха с авиатопливом в паровом пространстве, наличия внутри емкости выступающих частей оборудования и т.д.



# **Способы и средства обеспечения электростатической искробезопасности**



## Способы обеспечения электростатической искробезопасности

### 1. Снижение электризации топлива.

Способ реализуется следующими средствами: ограничением скорости потока, наливом топлива под слой продукта (**нижний налив**), применением минимально электризирующих фильтроматериалов и соблюдением определенных мер безопасности при обращении с ними.

### 2. Рассеивание и отвод зарядов из топлива и оборудования.

Способ реализуется следующими средствами: увеличением времени релаксации системы (применением сепарирующих элементов TCS, релаксационных емкостей и фильтров-релаксаторов, антистатических раздаточных рукавов), заземлением и выравниванием потенциалов оборудования, установкой ИНСЭТ.



## Средства обеспечения электростатической искробезопасности

### 1. Ограничение скорости потока

Вещества (авиабензин, керосин), имеющие удельное объемное сопротивление  $10^9 - 10^{12}$  Ом · м наиболее сильно электризуются.

Диаметры трубопроводов и рукавов для данных топлив должны быть рассчитаны таким образом, чтобы скорость движения потока по трубопроводу **не превышала величины 1,2 - 5 м/с** (1,2 – 2,5 м/с во всасывающих трубопроводах, 2,5 – 3,5 м/с в напорных трубопроводах, 3,5 – 5 м/с в антистатических рукавах).

Для оборудования, изготовленного из антистатических материалов, в которых, при условии заземления корпусов, авиатопливо протекает **со скоростью до 2 м/с дополнительных мер защиты не требуется.**



## **2. Налив авиатоплива**

Налив авиатоплива следует производить под слой продукта или по стенке, не допуская его разбрызгивания, распыления или бурного перемешивания.

В ТЗ должен применяться только нижний налив авиатоплива в цистерну.

В резервуаре МПЗА, УЗВС не допускается налив авиатоплива свободно падающей струей. Расстояние от конца загрузочной трубы до дна емкости должно быть **не более 200 мм** или **струя должна быть направлена вдоль обечайки резервуара.**



### **3. Применение минимально электризующих фильтроматериалов**

Основными источниками образования электростатических зарядов в топливе являются ФТО и ФВО (увеличивают уровень зарядов на топливе в 100 раз и более по сравнению с потоком в трубе).

При этом, в фильтрах с бумажными элементами генерируются, как правило, электростатические заряды положительной полярности, во всех ФВО отечественного и зарубежного производства, применяемых на ТЗ и на ПН, генерируются электростатические заряды отрицательной полярности.



Наиболее эффективной мерой снижения электризации топлива в этом случае является **применение фильтроматериалов, минимально электризующих топливо.**

**На материалах, обладающих меньшей удельной пропускной способностью и имеющих меньшие размеры пор, при одинаковых расходах топлива образуется больший электрический заряд, чем на материалах, обладающих большей удельной пропускной способностью и имеющих большие размеры пор.**



## **Меры предупреждения электростатического разряда при работе со средствами фильтрации и водоотделения:**

- фильтры **заземляют** (независимо от того, что вся цепь присоединена к контуру заземления) и периодически проверяют исправность заземления;
- ФЭ, ЭС и ЭФК **перед установкой разряжают** от статического электричества путем прикосновения к металлической заземленной конструкции или специальному разряднику;
- **полиэтиленовую пленку** элемента после установки **стягивают медленно**. Чем быстрее снимается полиэтиленовый чехол, тем выше вероятность возникновения искры между поверхностью элемента и полиэтиленом;
- **корпус** фильтра **заполняют медленно** в нормальном

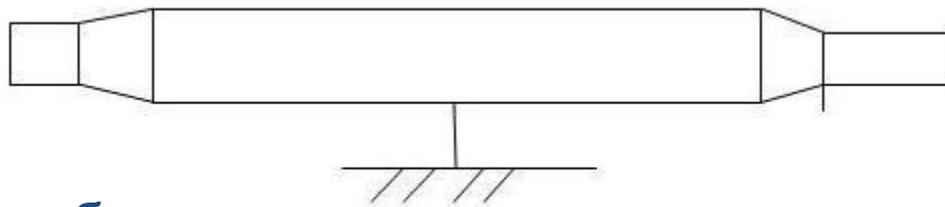


## 4. Увеличение времени релаксации системы

Время релаксации (рассеивания заряда) системы - время пребывания топлива в системе между ФВО и приемной емкостью. Достаточным для налива ТЗ (по API RP 2003) является время = **30 с**.

**4.1.** Использование второй ступени водоотделения - сепарирующего элемента **TCS** (сетчатого элемента с покрытием), который, в отличие от прочих не образует заряды и может обеспечить дополнительные **15 с** времени релаксации зарядов.

**4.2.** Релаксационные емкости - расширенные участки трубопровода, где из продукта до поступления его в резервуар происходит утечка части зарядов. Релаксационная емкость должна быть полностью заполнена, ее **объем должен обеспечивать время пребывания жидкости, превосходящее время релаксации заряда.**



**4.3.** Раздаточные рукава обеспечивают **несколько секунд** выдержки для релаксации зарядов при высоких скоростях потока.



**При заправке авиатопливом ВС не предъявляется требование обеспечения времени релаксации зарядов** (отмечено статистически малое число аварий из-за электростатических разрядов при соблюдении требований заземления и выравнивания потенциалов).

Это объясняется отличием геометрии авиационных баков от цистерн ТЗ.

Поток, поступающий в ВС, одновременно **разделяется на несколько баков** и распределяется в соседние отсеки каждого бака через входное **отверстие со множеством каналов**.

Исследования показали, что **ни в одном баке или отсеке не содержится количество авиатоплива, способное накопить достаточное количество зарядов** и вызвать образование больших поверхностных напряжений.

Кроме того, система впуска большинства авиационных баков



## 5. Защитное заземление оборудования

Все оборудование, задействованное в процессе заправки, должно представлять собой непрерывную электрическую цепь, присоединенную к контуру заземления **не менее чем в двух точках.**

Раздаточные рукава средств заправки должны быть **армированы токопроводящими элементами** (стренгами) или иметь **токопроводящий слой**, надежно соединяющий их с ННЗ (РП) и штуцером барабана.

**Оборудование считается электростатически заземленным**, если сопротивление любой точки его внутренней и внешней поверхности относительно заземления не превышает:

- для переходных контактов: «корпус - трос», «трос – заземлитель», «ННЗ - корпус ТЗ», «шунтирующая перемычка – торцевая поверхность фланцев, других узлов» - **0,03 Ом**;
- для троса и стренги рукава - **10 Ом**.
- для металлического оборудования, покрытого лакокрасочными



Измерение сопротивления такого оборудования должно производиться при наименьшей относительной влажности окружающего воздуха (**не выше 60%**) для данной климатической зоны.

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, арматурой.



## **Состав и устройство средств заземления и выравнивания потенциалов заправочного оборудования**



В качестве средств заземления используются: **цепь заземления, катушка с проводом и штырем заземления, шунтирующие перемычки.**

В качестве материалов для заземления применяются:

- **металлический трос диаметром 2,5 - 3 мм** - для катушек заземления;
- **стальной многожильный провод сечением не менее 12 кв. мм** - для рукавов;
- **стальной провод диаметром не менее 5 мм или стальная лента сечением не менее 24 кв. мм** - для шунтирующих перемычек фланцевых соединений;
- **цепочки из бронзы, латуни или из другого неискрящегося металла**, имеющие такую длину, чтобы три звена (20 мм) при движении СЗ находились на земле;
- **болт М10** – для постоянного соединения металлических частей.

## Цепь заземления

**Наставление по пожарной охране в гражданской авиации СССР  
(НПО ГА-85, введено приказом МГА от 21.06.85 г. № 133)**

... 9.9. Молниезащита и защита от статического электричества.

9.9.10. Для отвода статического электричества во время движения средств заправки и транспортировки топлива на их шасси должны быть закреплены **заземляющие цепи**, у которых постоянно соприкасающиеся с землей звенья выполнены из латуни или бронзы...

**Последние 20 мм цепи при порожней цистерне** должны находиться на земле и быть изготовлены из токопроводящего материала.

Токопроводящий материал последних звеньев должен быть не **искрообразующим**, **прочным к истиранию**.



**Цепь заземляющая ТУ  
ВУ 101462622.002-2008**

## Катушка со штырем заземления

**Катушка заземления** должна иметь стальной оцинкованный или медный трос (может быть в полиэтиленовой оболочке) длиной **не менее 30 м**.

На конце троса должен быть установлен **штырь** длиной **не менее 115 мм** для заземления ТЗ на месте стоянки.

Обратная намотка тросов заземления должна осуществляться **ручным способом**.

Катушки должны быть установлены в заправочном модуле **с рабочей стороны**.

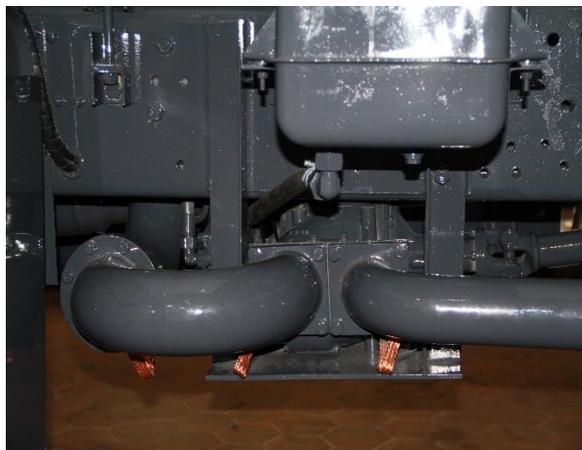
Обрыв нитей троса заземления допускается в количестве, не превышающем **одну прядь**.





## Шунтирующая перемычка

Все фланцы, муфты и хомуты, нарушающие электропроводность коммуникации, должны иметь **шунтирующие соединения.**



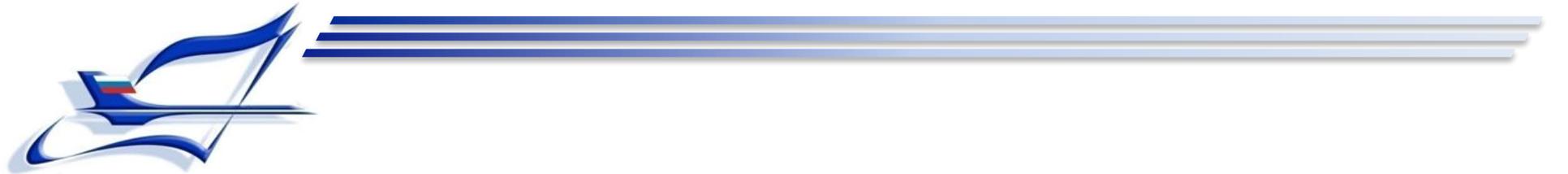
Все **устанавливаемые в емкости объекты**, которые находятся вблизи топлива либо погружаются в топливо при подъеме уровня, для исключения риска статического разряда **должны электрически соединяться с обечайкой емкости.**



Вместе с тем **заземление без выравнивания потенциалов** во время заправки авиатопливом ВС или наполнения цистерны ТЗ **является недостаточно эффективной мерой** по следующим причинам:

- заземление не предотвращает искрообразование на поверхности топлива;
- трос заземления не может проводить ток в случае короткого замыкания в оборудовании и в случае расплавления может стать источником воспламенения.

Поэтому следует выполнять отдельные заземления ТЗ и ВС, а также обеспечивать одинаковый электрический потенциал их оборудования.



## 6. Выравнивание потенциалов

Одинаковый потенциал оборудования, цистерны ТЗ и бака ВС обеспечивает путь для объединения зарядов, разделенных в топливораздаточной системе (главным образом в ФВО), с зарядами в топливе и их нейтрализацию.

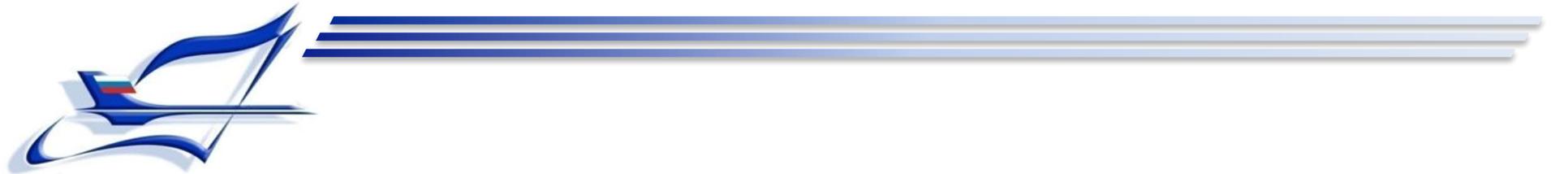
Так, в момент установки тросика ВП РП, при касании сливным патрубком РП участка крыла на удалении 1,5 м от горловины или при постоянном касании сливным патрубком РП стенок горловины бака ВС при заправке топливом с верхней стороны крыла ВС обеспечивается одинаковый потенциал сливного патрубка РП с баком ВС, исключая образование искрового разряда. РП должны быть изготовлены из металла не дающего искрообразование.

В качестве средств выравнивания потенциалов используются: катушка с проводом и клипсовым разъемом для соединения с ВС, тросики на ННЗ и РП со штырем (соединителем) для закрепления у бортового штуцера ВС.



Катушка ML3416-2





## **Использование средств выравнивания потенциалов в качестве средства блокировки при наливе ТЗ**

<b>ІГҚР-2012</b>	<b>ПБ 09-560-03</b>
<p>Дополнительной функцией электронной системы ограничения налива цистерны ТЗ может являться <b>проверка работы системы выравнивания потенциалов между ТЗ и ПН.</b></p>	<p>Автоцистерны, стоящие под наливом, должны быть заземлены с наличием <b>блокировки, исключающей возможность запуска насосов при отсутствии такого заземления.</b></p>



По рекомендациям ИАТА все тросы заземления и выравнивания потенциалов должны быть **в изоляции** - пластмассовом покрытии, которое служит в качестве меры предохранения рук оператора при работе с тросом. Частичное разрушение покрытия троса не может являться браковочным признаком.

**Цвет покрытия** для визуального предупреждения опасности задевания троса, не должен совпадать с цветом, установленным для аварийных систем.

**Припаивание** болтовых и винтовых соединений катушек, тросов и штырей (соединителей) между собой не требуется.



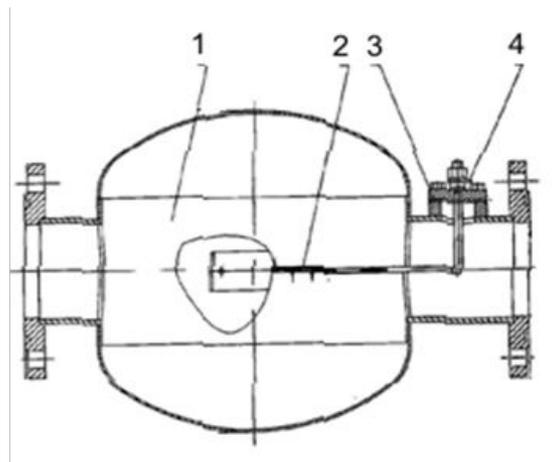
## **При эксплуатации средств заземления и выравнивания потенциалов предусматриваются:**

- **ежесменная** проверка состояния;
- **еженедельная** проверка непрерывности цепей заземления и выравнивания потенциалов;
- **ежемесячное** измерение полного электрического сопротивления переходных контактов, тросов, стренг, поверхности антистатических рукавов.



## 7. Индукционные нейтрализаторы статического электричества в топливе

**ИНСЭТ** применяются на всех ПН и некоторых ТЗ (ТЗА-60-8685, ТЗА-90-8685С).



**Принцип действия** заключается в отводе зарядов статического электричества, накапливаемых на шипах разрядного электрода, через шину на контур заземления.

Установка ИНСЭТ рекомендуется после ФТО, ФВО и насосов, а также в технологических топливопроводах **при скоростях потока топлива более 2 м/сек.**