



**КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**



Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС  
Кафедра ПБТПП

## **ТЕМА № 4. МОЛНИЕЗАЩИТА И ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.**

### **ЗАНЯТИЕ № 4.1. СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО**

#### **Цель занятия:**

Довести и объяснить обучающимся причины возникновения статического электричества, сообщить сведения по пожарной опасности статического электричества и защите от него.

#### **Учебные вопросы:**

- 1. Причины возникновения статического электричества.**
- 2. Пожарная опасность статического электричества.**
- 3. Защита от статического электричества.**



## Литература

### Основная:

Агунов М.В., Маслаков М.Д., Пелех М.Т. Пожарная безопасность электроустановок: Учебник. —СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2012. – 292 с.

### Дополнительная:

1. Агунов М.В., Маслаков М.Д., Пелех М.Т. Пожарная безопасность электроустановок: Учебное пособие. - СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2010. – 106 с.

2. Маслаков М.Д., Пелех М.Т., Родионов В.А., Хорошилов О.А. Пожарная безопасность электроустановок. Молниезащита и защита от статического электричества: Учебное пособие. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2010. – 234 с.

### НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г № 123 – ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”.

2. ГОСТ 12.1.018 – 93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.

3. Правила устройства электроустановок. - 7-е изд., перераб. и доп. – 2009.



## ВОПРОС № 1. ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

**СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО** – это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков или в объеме диэлектриков или на изолированных проводниках.

(ГОСТ 12.1.018-93 "Пожаровзрывобезопасность статического электричества".)

*Релаксация - (физика) (от лат. relaxatio — ослабление, уменьшение) — процесс установления термодинамического, а следовательно, и статистического равновесия в физической системе, состоящей из большого числа частиц.*



## РАЗРЯДЫ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

ВЫЗЫВАЮТ

взрыв, пожар

брак продукции

препятствуют

увеличению скорости  
технологических  
процессов

причиняют

травмы  
обслуживающему  
персоналу

ГОСТ 12.1.045 – 84 устанавливает допустимые уровни напряженности электростатических полей в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей ( $E_{пред}$ ) устанавливается равным 60 кВ/м в течение одного часа. При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется. В диапазоне напряженности от 20 до 60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в электростатическом поле без средств защиты  $t_{дон}$  определяется по формуле

$$t = \left( \frac{E_{пред}}{E_{факт}} \right)^2$$

где  $E_{факт}$  – фактическое значение напряженности электростатического поля, кВ



При разделении поверхностей, между которыми возникла контактная электризация, каждая из них сохраняет свой заряд. Когда на разделенных поверхностях остаются электрические заряды  $Q$ , то эти поверхности становятся как бы пластинами конденсатора с емкостью  $C$  и между ними возникает напряжение:

$$U = Q/C.$$

Емкость плоского конденсатора прямо пропорциональна площади обкладок, абсолютной диэлектрической постоянной диэлектрика, находящегося между пластинами, и обратно пропорциональна расстоянию между обкладками, т.е.

$$C = \frac{\xi_a \cdot S}{d}$$

где:

$C$  – емкость, Ф;

$$\xi_a = \xi_0 \cdot \xi$$

– абсолютная диэлектрическая проницаемость, Ф/м;

$\xi$

– относительная диэлектрическая проницаемость;

$$\xi_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

– диэлектрическая постоянная  
(диэлектрическая проницаемость вакуума, Ф/м );

$d$  – расстояние между обкладками, м.



## ЗНАЧЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ.

| Материал                | $\xi$   | Материал         | $\xi$   |
|-------------------------|---------|------------------|---------|
| Бумага (сухая)          | 2,5-3,0 | Мрамор           | 8-9     |
| Бумага парафинированная | 4,3     | Миканит          | 4,6-6,0 |
| Вода дистиллированная   | 80      | Парафин          | 2,0-2,3 |
| Воздух                  | 1       | Резина           | 3-6     |
| Воск                    | 2,8-2,9 | Слюда (мусковит) | 6,5-7,2 |
| Гетинакс                | 6-8     | Стекло           | 5,5-8,0 |
| Лакоткань               | 4-6     | Фарфор           | 5,5-6,0 |
| Масло минеральное       | 2,2     | Эбонит           | 3,0-3,5 |
| Трансформаторное масло  | 2,1-2,4 | Электрокартон    | 3       |



# КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ





Вопрос № 2. **ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СТАТИЧЕСКОГО  
ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.**

**ВОЗМОЖНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ,  
ПРИЧИНОЙ КОТОРЫХ ЯВЛЯЕТСЯ СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО**

**УСЛОВИЯ**

заряды статического электричества создают напряженность электрического поля, при которой возможно искрообразование

среда, в которой возможно искрообразование, является легковоспламеняющейся, а энергия разрядов статического электричества соизмерима с минимальной энергией воспламенения данной среды

среда, представляющая собой паро-, газо- или пылевоздушную смесь, имеет концентрацию, при которой возможно ее воспламенение искровыми разрядами



## ВОСПЛАМЕНЯЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

Реальная воспламеняющая способность электрической искры зависит от концентрации, температуры и давления взрывоопасной смеси. Условием воспламенения (взрыва) смеси от искры статического электричества является неравенство

$$W_{И} \geq W_{min}$$

где  $W_{И}$  – энергия разряда статического электричества с заряженного материала (*зависит от свойств материала, конструкции аппарата, технологического процесса и др.*);

$W_{min}$  – минимальная энергия зажигания горючей смеси, образование которой возможно в данном технологическом процессе (*зависит только от свойств горючей смеси и является характеристикой ее чувствительности к воспламенению, определяется экспериментально*).

$W_{min}$  взрывоопасных пылевоздушных смесей выше  $W_{min}$  паровоздушных смесей.

Для многих *паро- и газовоздушных взрывоопасных смесей*

$W_{min}$  - 0,009 ÷ 2,0 мДж, а *для пылевоздушных* 2 ÷ 250 мДж.

Разряды статического электричества не в состоянии воспламенить смеси с

$W_{min} \geq 100$  мДж.

Средняя напряженность электрического поля, при котором возможен разряд,

$4 \cdot 10^2 \div 5 \cdot 10^2$  кВ/м для резко неоднородного,

$15 \cdot 10^2 \div 20 \cdot 10^2$  кВ/м для слабо неоднородного

до  $30 \cdot 10^2$  кВ/м для однородного электрического поля.



### Вопрос № 3. ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.

**Устранение взрывоопасных смесей в местах возможных разрядов  
статического электричества**

**Заземление оборудования,  
коммуникаций, аппаратов**

**Снижение скорости  
транспортировки жидкостей**

**Соблюдение  
режимов  
заполнения  
емкостей**

**Ионизация воздуха**

**способы  
устранения  
опасности от  
статического  
электричества**

**Уменьшение объемного и  
поверхностного удельного  
электрического сопротивления**

**Обеспечение постоянного  
электрического контакта с  
заземлением тела человека**



**Уменьшение объемного и поверхностного удельного  
электрического сопротивления**

**повышения относительной влажности воздуха распылением водяного пара или воды, циркуляцией влажного воздуха, свободным испарением с большой поверхности воды**

**местного увлажнения струей пара или охлаждения электризуемой поверхности на  $10^0$  С ниже температуры окружающей среды**

**химической обработки поверхности кислотами, применения электропроводных покрытий (металлизация поверхностей)**

**применения антистатических веществ ( для нефтепродуктов – нафтенаты хрома и кобальта, для промывочных жидкостей – присадки “Аккор-1” и АСП-1, для синтетических волокон – углеводороды парафинового ряда, для полиэтилена и полихлорвинила – введение в их состав ацетиленовой сажи, для резины – графит, смесь сажи с глицерином).**



## ИОНИЗАЦИЯ ВОЗДУХА

**ИНДУКЦИОННЫМИ НЕЙТРАЛИЗАТОРАМИ**, при использовании которых под действием электрического поля наэлектризованного тела вблизи проволочного электрода или остриев происходит ударная ионизация молекул воздуха, в результате которой образуются ионы обоих знаков. Заряды ионов одинакового знака с заряженным телом отводятся в землю, а противоположного знака нейтрализуют заряд тела.

**ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ НЕЙТРАЛИЗАТОРАМИ**, которые состоят из источника высокого напряжения и игольчатого разрядника; последний и обеспечивает ионизацию за счет высокого напряжения, подводимого к нему

**РАДИОАКТИВНЫМИ НЕЙТРАЛИЗАТОРАМИ** на основе плутония  $^{239}\text{Pu}$  с  $\alpha$  – излучением и трития с  $\beta$  – излучением ( $\gamma$  – излучение из-за высокой проникающей способности и опасности для людей не применяется);  $\beta$  – излучение применяется для нейтрализации зарядов в аппаратах с большим объемом, а для локальной ионизации воздуха и нейтрализации зарядов в месте их образования применяется  $\alpha$  – излучение.



## Ионизация воздуха:

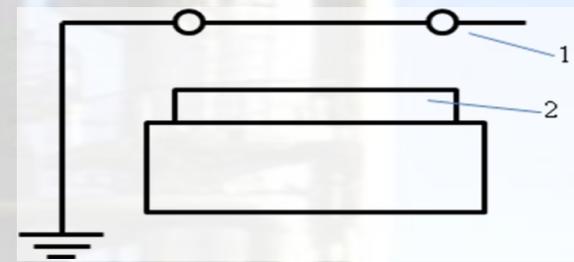
А. **Индукционными нейтрализаторами**, при использовании которых под действием электрического поля наэлектризованного тела вблизи проволочного электрода или остриев происходит ударная ионизация молекул воздуха, в результате которой образуются ионы обоих знаков. Заряды ионов одинакового знака с заряженным телом отводятся в землю, а противоположного знака нейтрализуют заряд тела.

### Схема индукционного нейтрализатора



#### а) с остриями:

- 1 – острия;
- 2 – заряженная поверхность.



#### б) проволочный:

- 1 – проволока;
- 2 – заряженная поверхность.

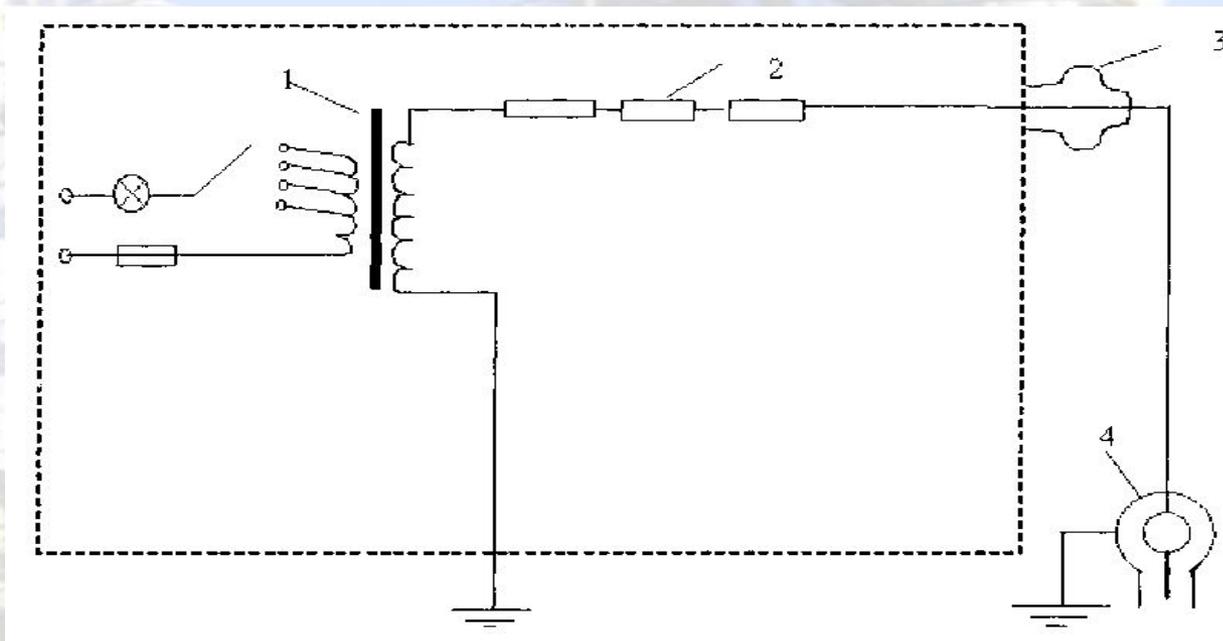


## КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ



Б. **Высоковольтными нейтрализаторами**, которые состоят из источника высокого напряжения и игольчатого разрядника; последний и обеспечивает ионизацию за счет высокого напряжения, подводимого к нему.

### Схема высоковольтного нейтрализатора



1 – трансформатор; 2 – защитное сопротивление;  
3 – проходной изолятор; 4 – игольчатый разрядник.



## Снижение скорости транспортировки жидкостей

Максимальная скорость потока нефтепродуктов при транспортировке по длинным трубам диаметром 100 – 250 мм может быть определена по эмпирической формуле

$$v_T^2 \cdot D_T \leq 0,64$$

где  $D_T$  – диаметр трубопровода в метрах,  
 $v_T$  – скорость жидкости в трубе, м/с.

## Соблюдение режимов заполнения емкостей

наливная труба доводится до дна и струя направляется вдоль стенки

при заполнении резервуара жидкостью с  $\rho \geq 10^5$  Ом·м до момента затопления загрузочной трубы рекомендуется подавать жидкость с  $v_T$  не более 1 м/с, а затем с  $v_T \leq 5$  м/с

жидкость должна поступать в резервуар ниже уровня имеющегося в нем остатка жидкости



## ЗАДАНИЕ НА САМОПОДГОТОВКУ

**Тема № 4: «Молниезащита и защита от статического электричества».**

**Лекция № 4.1: «Статическое электричество».**

1. Используя рекомендуемую литературу, изучить учебные вопросы лекции.
2. Дополнить конспект и повторить материал лекции по конспекту.