

## ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПСЕВДООЖИЖЕНИЯ НА ВЕРОЯТНОСТЬ ПОЯВЛЕНИЯ РАЗРЯДА СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА В АППАРАТЕ

А.В. Бояршинов, А.А. Дик, В.М. Дмитриев, В.Ф. Егоров, Е.А. Сергеева

*Кафедра «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВПО «ТГТУ»;*  
*bgd@mail.nnn.tstu.ru*

*Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** воспламенение горючей среды; искровые заряды статического электричества; псевдоожигенный слой; статическое электричество.

**Аннотация:** Рассмотрены процессы появления разрядов статического электричества с псевдоожигенного материала на металлическую стенку заземленного оборудования. Исследованы факторы, определяющие вероятность появления разрядов.

### Обозначения

$d_{\text{ч}}$ – диаметр частицы, м;	$P(q \geq q^*)_t$ – вероятность появления в течение заданного времени $t = 5000$ ч разряда, переносящего заряд $q \geq q^*$ .
$D_{\text{ап}}$ – диаметр аппарата, м;	
$W$ – число псевдоожигения;	

Негативное влияние статической электризации на технологические процессы переработки диэлектрических материалов известно давно [1]. Особенно опасным ее проявлением являются искровые разряды, которые могут стать источником воспламенения горючей среды, сопутствующей технологическому процессу. В этом отношении большую опасность представляют процессы сушки диэлектрических дисперсных материалов от горючих растворителей в аппаратах с псевдоожигенным слоем.

В настоящее время в оценке опасности возникновения пожара доминирует вероятностный подход [2]. С этих позиций рассматривается опасность появления одного из трех независимых факторов пожара – искрового разряда статического электричества с псевдоожигенного слоя заряженных диэлектрических частиц на заземленную металлическую стенку аппарата. Вероятность появления такого разряда зависит от многих факторов. Наиболее существенными из них являются размер ожигаемых частиц и число псевдоожигения.

Влияние этих факторов на процесс формирования газовых искровых разрядов в аппарате с псевдоожигенным слоем изучалось на моделях аппарата из оргстекла диаметром 0,095; 0,14; 0,18; 0,22 и 0,25 м, стенка и перфорированная газораспределительная решетка которого футерованы изолированными друг от друга участками латунной фольги и могли соединяться с амплитудным анализатором или заземлением. Отверстия решеток имели диаметр 1 мм и располагались с шагом 5,5 мм, что обеспечивало живое сечение 2,5 %.

В качестве модельного материала использовали гранулы бисерного полистирола со средним диаметром 0,375; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 мм. Ожижающий агент (воздух) имел температуру  $(45 \pm 2)^\circ\text{C}$  при относительной влажности  $(30 \pm 5)\%$ .

Для регистрации газовых разрядов статического электричества в цепь заземления различных участков включался стоканальный амплитудный анализатор АИ-100-1. Параметры интегрирующей RC-цепочки, на которой осциллографировались импульсы напряжения, подбирались с учетом требований, изложенных в работе [1].

Как выяснилось в ходе экспериментов, наиболее интенсивно разрядные процессы идут на уровне неподвижного слоя. Поэтому влияние на величину вероятности  $P(q \geq q^*)_t$  параметров псевдоожигения исследовалось на участке стенки аппарата, соответствующем уровню неподвижного слоя.

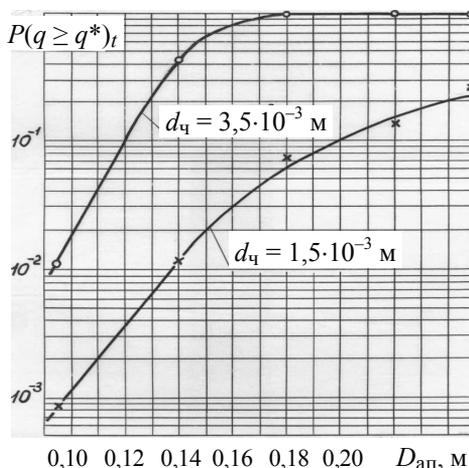
Вычисление вероятности  $P(q \geq q^*)_t$  производилось согласно модели, предложенной в работе [3], с учетом того обстоятельства, что случайная величина заряда, инициированного в аппаратах такого типа, хорошо описывается распределением Вейбулла.

При этом величина  $q^*$  была взята равной  $3,27 \cdot 10^{-10}$  Кл. Это обуславливалось тем, что при  $q^* > 3,27 \cdot 10^{-10}$  Кл значение вероятности  $P(q \geq q^*)_t$  становилось крайне малым при некоторых значениях параметров псевдоожигения и не позволяло провести сравнительный анализ их влияния во всем диапазоне изменения.

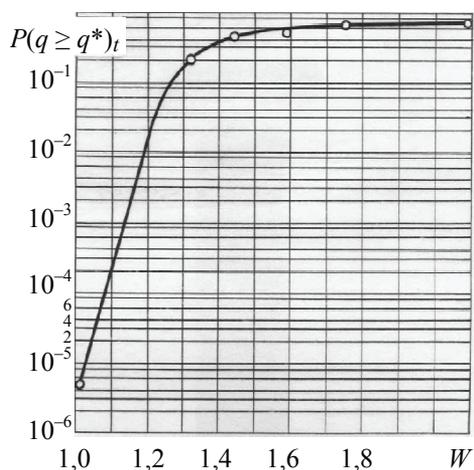
Как показали эксперименты, на величину вероятности  $P(q \geq q^*)_t$  влияет диаметр аппарата. С увеличением диаметра аппарата при постоянстве других параметров псевдоожигенного слоя величина вероятности возрастает (рис. 1).

Существенное влияние на величину вероятности  $P(q \geq q^*)_t$  оказывает и скорость ожижающего агента. С увеличением числа псевдоожигения вероятность появления в течение заданного времени воспламеняющего разряда возрастает (рис. 2).

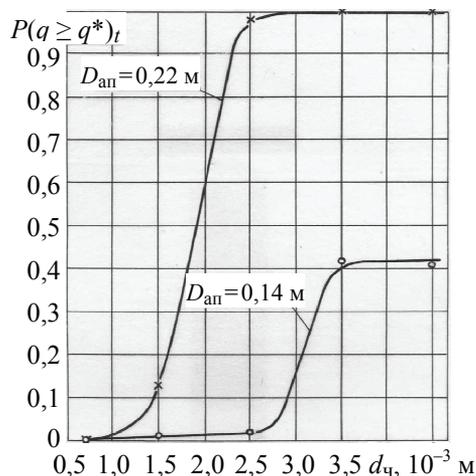
Следует отметить, что разряды обнаруживаются сразу после перехода слоя в псевдоожигенное состояние. Этот результат качественно подтверждает предложенную в работе [4] модель электропереноса. Эксперименты показали, что вероятность  $P(q \geq q^*)_t$  в значительной степени зависит от размера ожижаемых частиц. С увеличением размера частиц она увеличивается (рис. 3). При этом с псевдоожигенного слоя частиц полистирола, диаметром 0,375 мм, разрядов на заземленный корпус аппарата с помощью применяемых в эксперименте приборов обнаружено не было во всем исследовавшемся диапазоне значений чисел псевдоожигения ( $1,0 \leq W \leq 1,8$ ). В контрольных опытах с эмульсионным полипропиленом ( $d_{\text{ч}} \leq 0,4$  мм), который по физическим свойствам сходен с полистиролом, разрядов также не было обнаружено, тогда как при псевдоожигении гранул полипропилена ( $d_{\text{ч}} = 4,6$  мм) разряды уверенно регистрировались. Аналогично, с поли-



**Рис. 1.** Зависимость вероятности появления в течение заданного времени разряда, переносящего заряд  $q \geq q^*$ , от размера аппарата ( $q^* = 3,27 \cdot 10^{-10}$  Кл;  $t = 3,0 \cdot 10^5$  мин;  $W = 1,44$ ;  $H_0 = 0,086$  м)



**Рис. 2.** Зависимость вероятности появления в течение заданного времени разряда, переносящего заряд  $q \geq q^*$ , от числа псевдоожигания ( $q^* = 3,27 \cdot 10^{-10}$  Кл;  $t = 3,0 \cdot 10^5$  мин;  $d_q = 3,5 \cdot 10^{-3}$  м;  $D_{\text{анн}} = 0,14$  м;  $H_0 = 0,086$  м)



**Рис. 3.** Зависимость вероятности появления в течение заданного времени разряда, переносящего заряд  $q \geq q^*$ , от размера ожигаемых частиц ( $q^* = 3,27 \cdot 10^{-10}$  Кл;  $t = 3,0 \cdot 10^5$  мин;  $W = 1,44$ ;  $H_0 = 0,086$  м)

дисперсного псевдоожигенного слоя микрокапсул витамина Е ( $d_q \leq 0,4$  мм) разрядов обнаружено не было.

Полученные результаты интересны с точки зрения пожаровзрывобезопасности. Они доказывают практическую невозможность появления в аппаратах исследованных размеров ( $0,095 \text{ м} \leq D_{\text{анн}} \leq 0,248 \text{ м}$ ), перерабатывающих диэлектрические дисперсные материалы, разряда статического электричества с псевдоожигенного слоя на заземленный проводящий корпус, способного воспламенить пылевоздушную смесь, так как, во-первых, при диаметре частиц  $d_q \leq 0,4$  мм разряды практически не обнаруживаются; во-вторых, в интервале  $0,4 \text{ мм} \leq d_q \leq 0,7 \text{ мм}$  вероятность появления воспламеняющих разрядов крайне мала ( $P \ll 10^{-6}$  в год); в-третьих, при  $d_q \geq 0,7$  мм распространение пламени в пылевоздушных смесях не наблюдается [1, 5].

#### Список литературы

1. Статическое электричество в химической промышленности / под ред. Б.И. Сажина. – Л. : Химия, 1977. – 238 с.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : федер. закон от 22.07.2009 г. № 123-ФЗ // Рос. газ. – 2008. – 1 авг. – С. 18–23.
3. Моделирование процесса образования разрядов статического электричества в аппаратах с псевдоожигенным слоем диэлектрика / А.В. Бояршинов [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2006. – Т. 12, № 4. – С. 1024–1029.
4. Бояршинов, А.В. Оценка опасности электризации микрокапсул витамина Е при сушке в псевдоожигенном слое / А.В. Бояршинов [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 4. – С. 959–962.
5. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли / А.Я. Корольченко. – М. : Химия, 1986. – 234 с.

## The Impact of Basic Parameters of Fluidization on the Probability of Occurrence of Static Electricity in the Device

A.V. Boyarshinov, A.A. Dick, V.M. Dmitriev, V.F. Egorov, E.A. Sergeeva

*Department "Life Safety", TSTU;  
bgd@mail.nnn.tstu.ru*

**Key words and phrases:** fluidized bed; inflammation of combustible environment; spark charges; static electricity.

**Abstract:** The paper discusses the processes of emergence of static discharges with a fluidized material on the metal wall of the grounded equipment. The factors determining the probability of discharges have been examined.

---

## Einwirkung der Hauptparameter der Fluidisation auf die Wahrscheinlichkeit des Entstehens der Entladung der statischen Elektrizität im Apparat

**Zusammenfassung:** Es sind die Prozesse des Entstehens der Entladungen der statischen Elektrizität vom fluidisierenden Stoff auf die Metallwand der geerdeten Ausrüstung betrachtet. Es sind die Faktoren, die die Wahrscheinlichkeit des Entstehens der Entladungen bestimmen, untersucht.

---

## Influence des paramètres essentiels de pseudoliquidation sur la probabilité de l'apparition de la charge de l'électricité statique dans un appareil

**Résumé:** Sont examinés les processus de l'apparition de la charge de l'électricité statique à partir du matériel pseudoliquidifié sur un mur métallique de l'équipement mis à la terre. Sont étudiés les facteurs définissant la probabilité de l'apparition de la charge.

---

**Авторы:** *Бояринов Анатолий Владимирович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»; *Дик Антон Артурович* – кандидат исторических наук, старший преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности»; *Дмитриев Вячеслав Михайлович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности»; *Егоров Василий Федорович* – кандидат военных наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»; *Сергеева Елена Анатольевна* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

**Рецензент:** *Ярцев Виктор Петрович* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструкции зданий и сооружений», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

---