

УДК 677.865.3

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ЗАРЯДА ВОРСА
В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОФЛОКИРОВАНИЯ**

**ESTIMATE OF LIMIT CHARGE PILE
IN THE ELECTROFLOCKING TECHNOLOGY**

О. М. ИВАНОВ, С. Ю. ИВАНОВА
O.M. IVANOV, S.YU. IVANOVA

(Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)
(Saint-Petersburg State University of Technology and Design)

E-mail: tpm@yandex.ru

В работе предложен новый подход к оценке максимального заряда ворса в технологии электрофлокирования. Показана взаимосвязь величины заряда с длиной ворса и напряженностью электрического поля.

In this paper we propose a new approach to the maximum charge of pile in technology electroflokirovaniya. The relationship of the charge with a length of cloth and the electric field.

Ключевые слова: электрофлокирование, ворс, флок, плотность ворсового покрова, скорость подачи ворса.

Keywords: electroflockinng, pile, flock, the density of pile coating, pile feed rate.

Наиболее распространенное представление о процессе зарядки заключается в том, что плотность заряда распределена вдоль волокна линейно и момент его отрыва от электрода происходит при выполнении условия [1...4], [6]:

$$q\vec{E} + \vec{F} + \vec{G} = 0, \quad (1)$$

где qE – действие внешнего электрического поля на избыточный заряд

ворсинки; F – взаимодействие заряда ворсинки с его "изображением" на электроде; G – вес ворсинки.

Попробуем использовать несколько иной подход. Условия, которым должно подчиняться распределение плотности заряда вдоль волокна, хорошо известны [4]:

$$\operatorname{div}\vec{D} = \rho, \quad \vec{D}(x) = 0, \quad (2)$$

где ρ – объемная плотность заряда, Кл/м³;
 D – электрическая индукция, В/м.

Согласно этим условиям для электропроводного волокна в любой его точке напряженность должна равняться нулю.

Задача о распределении плотности заряда для незаряженного проводника в электрическом поле с напряженностью E представлена в работе Ландау Л.Д. и Лившица Е.М. [5]. Волокно в этом случае расположено вдоль силовой линии вдали от электрода. Вид зависимости, описывающей данное распределение с учетом условия (2) имеет следующий вид:

$$\gamma(x) = \frac{4\pi\epsilon_0 E x}{\ln\left(4 \frac{\ell^2/4 - x^2}{d^2/4}\right) - 2}, \quad (3)$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная, Ф/м;
 E – напряженность электрического поля, В/м;
 ℓ – длина проводника (волокна), м;
 d – диаметр проводника, м.

Это нам дает характер необходимой зависимости распределения плотности заряда вдоль волокна. В нашем случае отличие состоит в том, что волокно находится на поверхности электрода. Поэтому ближний к электроду заряд должен полностью стечь на электрод. Чтобы новое распределение плотности заряда удовлетворяло условиям (2), будем считать его соответствующим распределению (3), но для волокна вместе с его изображением. То есть плотность заряда распределена вдоль ворсинки вдвое большей длины (от $-\ell$ до $+\ell$), но мы используем только половину этого распределения, соответствующего реальной ворсинке (от 0 до ℓ).

Величина плотности заряда из соотношения (3) неограниченно возрастает вблизи конца волокна. Однако использование его для расчета величины избыточного заряда затруднительно, так как интеграл функции (3) – расходящийся. Поэтому аппроксимируем эту функцию близкой к ней зависимостью, а затем вычислим заряд. Функцию для аппроксимации можно выбрать, например, в виде:

$$\gamma(x) = 4\pi\epsilon_0 E \frac{\alpha x^k}{(\ell - x)^n}.$$

Определить коэффициенты приведенной зависимости можно на основе метода наименьших квадратов. Показатели степени n и k были выбраны постоянными, несмотря на некоторое незначительное снижение точности, а коэффициент α зависит от длины ворса. В результате эта зависимость принимает следующий вид:

$$\gamma(x) = 4\pi\epsilon_0 E \frac{\alpha x}{\sqrt[5]{\ell - x}}. \quad (4)$$

Вид этой и исходной зависимости (3) для ворса длиной 1 мм и напряженности электрического поля $E = 4$ кВ/см представлен на рис. 1 (распределение плотности заряда на ворсинке при ее отрыве от электрода; 1 – для зависимости (3), 2 – для зависимости (4)).

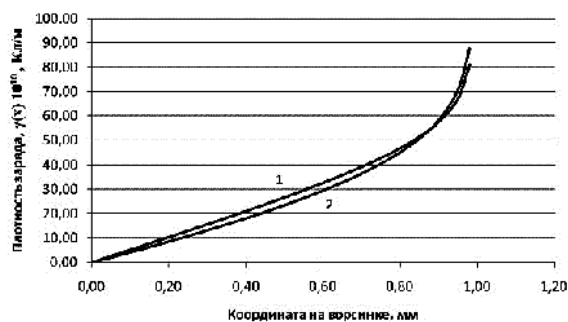


Рис. 1

Как мы видим из графиков, предложенная зависимость (4) вполне соответствует исходной зависимости (3) и может быть использована для расчета заряда. После интегрирования соотношения (4) величина максимального заряда ворса выглядит следующим образом:

$$q_{\max} = 2,78\pi\epsilon_0 \alpha E (\ell)^{9/5}. \quad (5)$$

Кроме этого, существует и другое ограничение величины заряда ворса. Оно связано с возникновением коронного разряда с конца волокна. Приближенная оценка этого значения заряда была сделана в работе [3]. Для волокна диаметром 20

мкм, что соответствует линейной плотности ПА ворса 0,33 текс, для отрицательной полярности она имеет следующий вид: $q_{к.р} = 3,7 \cdot 10^{-9} \ell$. Обе оценки и значение коэффициента α приведены в табл. 1 (макси-

мальный заряд ворса разной длины) для ворса разной длины диаметром 20 мкм и напряженности электрического поля 4 кВ/см.

Т а б л и ц а 1

L, мм	α	q_{\max} , Кл	$q_{к.р.}$, Кл
0,5	$2,55 \cdot 10^{-2}$	$9,0 \cdot 10^{-13}$	$1,85 \cdot 10^{-12}$
1,0	$2,32 \cdot 10^{-2}$	$2,85 \cdot 10^{-12}$	$3,7 \cdot 10^{-12}$
1,5	$2,24 \cdot 10^{-2}$	$5,72 \cdot 10^{-12}$	$5,55 \cdot 10^{-12}$

Мы получили предельные значения зарядов для ворса различной длины. Эти значения достаточно хорошо согласуются с теми значениями заряда, которые были получены различными авторами. Измеренные значения зарядов в большинстве случаев меньше указанных величин, но имеют тот же порядок величины. Коэффициент α зависит от длины волокна и для него легко построить эмпирическую зависимость. С учетом этого оценку максимального заряда ворса разной длины и при разной напряженности можно вычислить из соотношения:

$$q_{\max} = 0,016\pi\epsilon_0 E \ell^{8/5}. \quad (6)$$

Последнее соотношение позволяет легко оценивать предельные значения зарядов для ворса разной длины, но диаметром 20 мкм. Если необходимо получить аналогичную зависимость для ворса другой линейной плотности, то следует вновь начать с распределения плотности заряда (3) и его аппроксимации.

ВЫВОДЫ

Удалось получить распределение плотности заряда вдоль волокна и оценить его максимальное значение для технологии электрофлокирования на основе достаточ-

но общих физических представлений. Это позволит в дальнейшем осуществлять приближенное прогнозирование свойств ворсового покрова на материале и даже оценивать скорость его формирования.

Ограничение заряда, связанное с коронным разрядом, более сильно сказывается для ворса большей длины и это необходимо учитывать в технологических расчетах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов О.М.* Теоретические аспекты технологии электрофлокирования. – СПб.: СПГУТД, 2004.
2. *Бершев Е.Н.* Физические основы технологии электрофлокирования. – Л., Изд-во Ленинградского университета, 1984.
3. *Попков В.И., Глазов М.И.* Кинетика зарядки и динамика волокон в электрическом поле. – М.: Наука, 1976.
4. *Семенов В.А.* Теория и практика электрофлокирования. – М.: Изд. ВЗПИ, 1992.
5. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Курс теоретической физики. – Т.8. Электродинамика сплошных сред. – М.: Физматлит, 2005.
6. *Шляхтенко П.Г.* Контактная зарядка ворса на электродах флокатора // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1987, № 1. С.42...47.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных изделий. Поступила 22.01.14.