

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

*Л.В. АЛЕКСЕЕВА*

(Московский государственный текстильный университет им.А.Н.Косыгина)

Возникновение электростатических зарядов в текстильном производстве отрицательно влияет на нормальный ход технологического процесса. При переработке синтетических волокон возникновение статического электричества значительно больше, чем при переработке других волокон. В процессе эксплуатации изделия мы также наблюдаем процесс накопления электростатического заряда. Под действием блуждающих токов можно заметить эффект "прилипания" ткани, а также "искрения". Сейчас часто используются ткани с металлическим блеском, на поверхности металла протекают электрохимические реакции: на аноде идет окисление металла, на катоде – восстановление. Скорость этих процессов подчиняется законам электрохимической кинетики. Казалось бы, в проводящих средах поверхность металла имеет всюду одинаковый потенциал, разности потенциалов нигде не должно быть, а следовательно, не должно быть и электрохимической реакции. Разность потенциалов создается наличием даже аэрацией среды, не говоря уже о различии в электропроводности тех материалов, которые участвуют в образовании ткани. Коррозия начинает разъедать металл, ткань – тускнеет.

Вопросы электризации играют важную роль в процессе изготовления и эксплуатации текстильных материалов. В результате

ношения электризующейся одежды человек приобретает заряд и находится под воздействием электрического поля, создаваемого данным видом текстильного материала. В зависимости от условий эксплуатации волокнистых материалов (влажности окружающей среды, наличие окислителей, загрязнения, применения специальных препаратов и т. п.) их электрическое сопротивление может изменяться в широких пределах. Для контроля за электростатическим состоянием текстильных материалов в основном используют следующие параметры: электрический потенциал, напряженность, поверхностную плотность заряда, удельное поверхностное сопротивление. В технической литературе, в патентах и стандартах величины удельного объемного и удельного поверхностного электрических сопротивлений различных текстильных материалов часто выражают в различных размерностях, что затрудняет сравнение свойств волокон. Следует подчеркнуть, что экспериментальные данные по величинам удельного объемного и удельного поверхностного сопротивлений, содержащиеся в различных публикациях по одним и тем же текстильным материалам, разноречивы и очень часто не могут сравниваться, так как получены по существу отличными методами.

Во многих работах отсутствует под-

робное описание методик, что не позволяет судить о достоверности приводимых результатов. Отсутствует в большинстве случаев и унификация методов измерения, в источниках приводятся результаты измерений электрического напряжения без данных по электрическим емкостям, имевших место в отдельных случаях, что не дает возможности сравнить результаты измерений. Суммарная относительная погрешность в случае неблагоприятных условий измерения, порой, составляет 50% и более. Принципиально важной является посылка к исследованию волокнистых материалов: волокно рассматривают как однородную среду, то есть измеряется сопротивление гомогенной (в смысле агрегатного состояния) системы – сплошного полимерного тела, а во втором случае волокна – это гетерогенная полидисперсная система, состоящая из твердых частиц, разделенных воздушными промежутками. При расчете величин удельного электрического сопротивления одного и того же волокна по данным измерения сопротивления элементарной и комплексной нити результаты могут различаться на один-три порядка. На основании теории трибоэлектрического ряда нельзя делать выводы о постоянном знаке конкретного материала и, следовательно, невозможно на основе этой теории прогнозировать его свойства в определенной смеси.

Экспериментальные исследования и последующая статистическая обработка данных по образцам разных структурных особенностей, но одинакового сырьевого состава показали, что воздушная прослойка в ткани вносит существенные изменения в электростатические свойства материала, поэтому при построении математической модели волокна, нити, ткани нельзя игнорировать наличие воздуха. Необходи-

мо аналитическими методами найти связь между важнейшими электрическими параметрами для того, чтобы прогнозировать электрические свойства текстильного материала с учетом воздушной прослойки на стадии проектирования, статистические методы заранее несут в себе погрешность эксперимента.

Создание обобщенной типовой математической модели электростатического состояния текстильных материалов в целом является основной чертой рассматриваемой системы исследования.

Исходные материалы способны накапливать электрический заряд, то есть ведут себя подобно конденсатору. Наличие в нити и ткани прослойки воздуха определяет модель как конденсатор смешанного типа – волокно – воздух, волокно – воздух – волокно, то есть при анализе структурных особенностей подобных материалов необходимо рассматривать изделие как многослойный материал, состоящий из нескольких компонентов.

Если разбить радиус нити (волокна) на элементарные составляющие  $\Delta x$ , то получим последовательно-параллельное соединение плоских конденсаторов, емкость поперечного сечения волокна определяется следующим соотношением:

$$C = \int_0^{\pi/2} \frac{-\ell \varepsilon_0 \varepsilon r \sin \varphi d\varphi}{2(\varepsilon r(1 - \sin \varphi) + r \sin \varphi)},$$

где  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная;  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость нити (волокна);  $\varphi$  – текущий угол;  $r$  – радиус волокна.

Емкость волокна в поперечном сечении выражается формулой:

$$C(\varepsilon) = 2 \frac{\ell \xi \varepsilon}{1 - \varepsilon} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varepsilon}{\sqrt{2\varepsilon - 1}} \left( \operatorname{arctg} \frac{1}{\sqrt{2\varepsilon - 1}} - \operatorname{arctg} \frac{1 - \varepsilon}{\sqrt{2\varepsilon - 1}} \right) \right).$$

В результате математических исследований была решена задача нахождения электрической емкости волокон, имеющих в поперечном сечении круг, с учетом воз-

душной прослойки, получена функциональная зависимость емкости данного вида волокон от диэлектрической проницаемости, разработана математиче-

ская модель электростатического состояния полого или двухсоставного (многосоставного) волокна с учетом воздушной оболочки, предложено решение поставленной задачи, разработана математическая модель электростатического состояния волокон, имеющих в поперечном сечении овальную форму, с учетом воздуха, аналитическими методами получена функциональная зависимость емкости данного вида волокон от диэлектрической проницаемости, исследована математическими методами функциональная зависимость емкости от диэлектрической проницаемости волокон округлых форм (окружность, эллипс) с учетом воздуха, замечено, что важную роль в значении исследуемой функции играет соотношение полуосей волокон (растянутость волокон по вертикали или горизонтали), значения функции предложены в графическом виде.

По разработанной математической методике определения электростатического состояния волокон предложена схема исследования и прогнозирования электростатических свойств волокон. Предложенная математическая методика разработки модели электростатического состояния

волокон дает возможность разрабатывать модели электростатического состояния волокон различных форм в поперечном сечении по аналогии с описанными для установления функциональной зависимости между емкостью волокна и коэффициентом диэлектрической проницаемости, найти выражение емкости нити, ткани.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика, позволяющая определять электростатическое состояние различных химических волокон.

2. Получены математические зависимости, позволяющие определять емкости химических волокон различных конфигураций, а также пакетов, состоящих из продольного и поперечного расположения химических волокон.

3. Решение обратной задачи – нахождение функциональной зависимости диэлектрической проницаемости исследуемого материала от исходной емкости.

Рекомендована кафедрой высшей математики.  
Поступила 25.12.06.