SUMMARY

The scientific article is devoted to the complex researches of technologies of producing electro-conductive yarns and threads. The main properties of physical-mechanical properties of thermo resistant and electro conductive yarns and threads for fabrics of special purposes are determined. The results of experiments of defining of influence of technological parameters of machines on physical-mechanical properties of yarns and threads are described. It was defined, that including the copper wire in the structure of yarn and thread allows to lower specific surface resistance at 11 orders (from 1015 at 104 Om), that allows to use invented yarns and threads in producing of thermo resistant fabrics of special purposes with antistatic effect.

Витебский государственный технологический университет

УДК 677.017

ИЗМЕРЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ХЛОПКОВОГО И ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА С ПОМОЩЬЮ МНОГОСЕКЦИОННЫХ НАКЛАДНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

А.М. Науменко, А.А. Джежора

Применение электроемкостных измерительных датчиков для анализа текстильных материалов позволяет получить информацию, характеризующую влажность, структуру, ориентацию волокон, степени загрязненности, а также прогнозировать их деформационные и прочностные свойства. Новой сферой применения электроемкостных измерительных датчиков является оценка состава текстильных материалов на основании их диэлектрических характеристик. Для разработки эффективного метода оценки состава текстильных материалов необходимо получить зависимости диэлектрических характеристик текстильных волокон и определить оптимальные параметры для их измерения.

Измерение диэлектрических характеристик текстильных материалов эффективно осуществлять с помощью многосекционных накладных измерительных конденсаторов (МНИК), создающих плоскопараллельные поля в зоне контроля материала. МНИК широко используются в неразрушающем контроле физических, физико-механических свойств материалов, таких как влагосодержание, пористость, вязкость, температура, твердость, степень вулканизации, контроле геометрических размеров изделий, диагностике состояния объектов.

Данная статья посвящена описанию принципа работы МНИК и исследованию зависимости диэлектрической проницаемости льняного и хлопкового волокна от влажности и частоты электрического поля.

Для определения диэлектрической проницаемости волокон применим способ определения диэлектрической проницаемости в материалах с ортогональной анизотропией, когда в качестве одного из информационных параметров используется разность констант тензора диэлектрической проницаемости, измеренных вдоль осей анизотропии [1].

Для одновременного создания плоскопараллельных полей вдоль различных осей анизотропии используем конструкцию двух идентичных МНИК (рис.1). Каждый из МНИК состоит из системы ленточных электродов 1 и 2, расположенных на поверхностях плоских подложек. Чаще всего в качестве подложек служат тефлон (ε_1 = 2.1) либо полипропилен (ε_1 = 2.4). Выбор указанных материалов связан с их низкими гидрофобными свойствами. Кроме того, малые значения диэлектрической проницаемости подложек оптимизируют чувствительность датчика к контролируемым материалам над плоскостью электродов. В основании подложек потенциальные электроды соединены перемычками, изолированными от плоского заземленного экрана 3. Над контролируемым материалом находится плоский

заземленный экран 4, плоскость его параллельна плоскости электродов МНИК. Низкопотенцильные электроды 1 и экраны 3, 4 имеют практически одинаковый потенциал земли. Ленточные электроды создают плоскопараллельные поля в двух взаимно перпендикулярных направлениях, в плоскостях XOZ и YOZ.

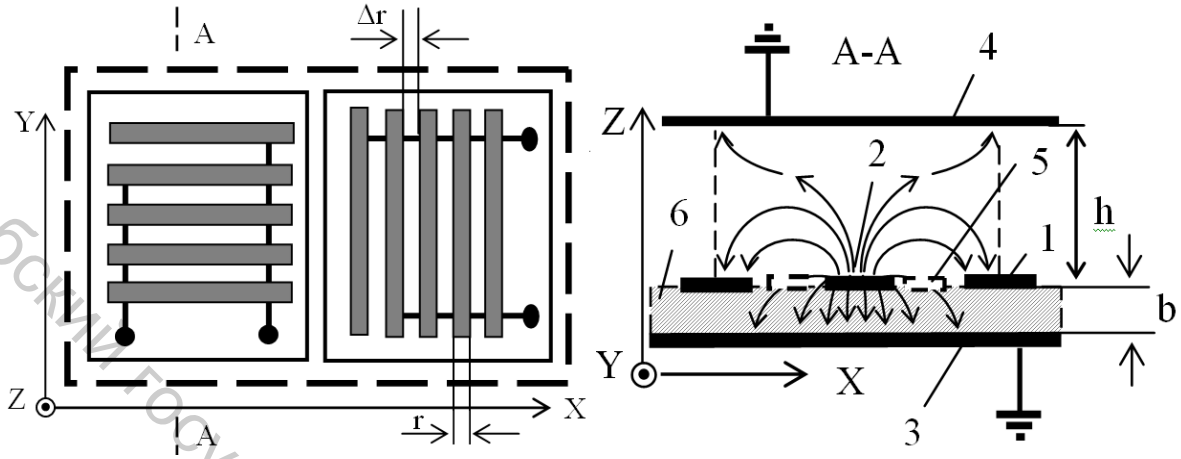


Рисунок 1 – Дифференциальный датчик: вид сверху и вид сбоку для одной из секций: 1, 2 – потенциальные электроды; 3, 4 – заземленные экраны; 5 – виртуальный электрод; 6 – подложка

При выборе геометрических размеров конструкции МНИК необходимо исходить из следующего. Во-первых, датчик должен создавать плоскопараллельное поле, и доля горизонтального потока, идущего вдоль оси анизотропии, должна быть значительна. Во-вторых, толщина подложки b должна быть мала по сравнению с межэлектродным расстоянием Δr. В этом случае в межэлектродном зазоре между высокопотенциальными 1 и низкопотенциальными 2 электродами будут созданы виртуальные электроды охраны 5 (на рис. 1 они показаны штрихпунктиром). Виртуальные электроды создаются частью потока электрического поля, исходящего из высокопотенциальных электродов 1 со стороны, обращенной к контролируемому материалу, и замыкающегося на заземленный экран 3 в основании подложки [2]. Это позволит устранить паразитную емкость в подложке, снизить влияние неплотностей прилегания к электродам НИК. Однако это возможно только в том случае, если влияние второго заземленного экрана 4 над контролируемым материалом будет ослаблено. Следовательно, должно выполняться условие: толщина контролируемого материала должна быть больше толщины подложки $h > b$.

Количественные и качественные оценки позволили выработать рекомендации по обеспечению эффективного функционирования электроемкостных МНИК. Для волокон хлопка, льна значения констант тензора диэлектрической проницаемости при относительной влажности 0 % лежат в пределах 2,5÷5 [3]. Ширина области, занимаемой исследуемыми волокнистыми материалами h = 5 мм. Расчеты показывают, что для экранированных НИК, выполняемых на подложке из фольгированного тефлона толщиной b = 2 мм, когда толщина медного покрытия составляет 0,01 мм, должно выполняться условие: $b/\Delta r$ < 0,8. Межэлектродный зазор Δr должен быть не менее 2,5 мм, ширина электродов должна составлять 3 – 4,5 мм. С учетом выработанных рекомендаций был изготовлен МНИК со следующими размерами: толщина подложки b = 2 мм, ширина области контроля h = 5 мм, межэлектродный зазор Δr = 3 мм, ширина электродов r = 3 мм.

При измерении диэлектрической проницаемости с помощью разработанного МНИК необходимо учитывать, что текстильные волокна обладают диэлектрической дисперсией. Для них наблюдается зависимость диэлектрической проницаемости

Витебский государственный технологический университет

от частоты электромагнитного поля. Помимо этого волокна хлопка, льна обладают явно выраженной анизотропией диэлектрических свойств, что связано с анизотропией структуры самих волокон.

Диэлектрическая проницаемость исследуемых материалов определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{C_1}{C_2}, \tag{1}$$

где C_1 – емкость МНИК, заполненного исследуемым материалом;

C_2 – емкость МНИК в вакууме.

Для определения зависимости между емкостью исследуемого материала, измеренной с помощью МНИК, C_1 и его диэлектрической проницаемости ε были исследованы диэлектрические характеристики стеклотекстолита КАСТ-В. По ГОСТ 10292 – 74 диэлектрическая проницаемость стеклотекстолита марки КАСТ-В при частоте электрического поля f = 1 МГц равна ε = 5,3. При использовании МНИК величина диэлектрической проницаемости составила ε = 5,16 (C_1 = 1,589 пФ, C_2 = 0,308 пФ), следовательно, методическая погрешность измерения диэлектрической проницаемости не превышает 2,5 %.

Применение двух заземленных экранов снижает рабочую емкость измерительного конденсатора, так как часть потока силовых линий замыкается на данные экраны, поэтому уменьшается часть потока силовых линий, поступающих на ленточные электроды. Для проверки точности измерений рассчитаем абсолютную инструментальную погрешность измерения диэлектрической проницаемости $\Delta\varepsilon$. Так как абсолютная погрешность измерения емкости прибора «Измеритель иммитанса Е7-20» составляет ΔC = 0,001 пФ, а емкость пустого МНИК C_2 =0,3 пФ, то абсолютная инструментальная погрешность измерения диэлектрической проницаемости $\Delta\varepsilon$ определяется по формуле:

$$\Delta\varepsilon_{инс} = \sum_{i=1}^{n}\left|\frac{\partial\varepsilon}{\partial C_i}\right| \times \Delta C = \left(\frac{1}{C_2} + \frac{C_1}{(C_2)^2}\right) \times \Delta C = \frac{C_1 + C_2}{(C_2)^2} \times \Delta C. \tag{2}$$

В результате проведенных исследований, представленных ниже, величина диэлектрической проницаемости изменялась в пределах от 1,14 до 14,7. Следовательно, относительная инструментальная погрешность измерения диэлектрической проницаемости не превышает 1,2 %.

На основании полученных значений методической и инструментальной погрешностей можно сделать вывод, что разработанный МНИК обеспечивает высокую точность измерения диэлектрической проницаемости.

На основании приведенных теорий в условиях УО «ВГТУ» проведен эксперимент по исследованию зависимостей диэлектрических характеристик хлопковых, льняных волокон от влажности и частоты электрического поля. Для приготовления образцов использовались льняные, хлопковые ленты с ленточной машины, смешанные ленты с содержанием 50 % хлопковых и 50 % льняных волокон. Волокнистые ленты высушивались в сушильном шкафу в соответствии с ГОСТ 3274.4 – 72 для хлопкового волокна и ГОСТ 25133 – 82 для льняного волокна. Далее из высушенных лент формировались образцы массой 20±0,05 г для обеспечения необходимой точности измерения влажности. Измерения проводились с помощью разработанного МНИК, создающего плоскопараллельные

Витебский государственный технологический университет

электрические поля вдоль и поперек текстильных волокон, и прибора «Измеритель иммитанса Е7-20».

В ходе эксперимента влажность образцов W изменялась от 2 до 8 %, частота электрического поля f – от 0,5 до 100 кГц. Измерялись следующие зависимости:

– диэлектрической проницаемости текстильных волокон в продольном направлении от влажности (W) и частоты электрического поля (f);

– диэлектрической проницаемости текстильных волокон в поперечном направлении от влажности (W) и частоты электрического поля (f).

В результате обработки экспериментальных данных получены следующие математические модели.

$$\varepsilon = a_0 + a_1 * e^{(a2*W)}/(f^{a3}), \quad (3)$$

где $a_0, a_1, \ldots, a_4$ – коэффициенты регрессии.

Математическая модель зависимости диэлектрической проницаемости хлопкового волокна в продольном направлении (рисунок 2) от влажности (W) и частоты электрического поля *(f):*

$$\varepsilon_{хл}^{II} = 1{,}693 + 0{,}136 * e^{W}/(f^{0{,}434}), \quad (4)$$

где W – влажность волокна, %; f – частота электрического поля, $f^{0{,}434} = \sqrt[\ln 10]{f}$ – показатель, отражающий влияние частоты электрического поля.

Коэффициент детерминации R^2 = 0,9931 > 0,9, поэтому разработанную модель можно считать адекватной.

Математическая модель зависимости диэлектрической проницаемости смеси хлопкового и льняного волокна в продольном направлении (рисунок 3) от влажности *(W)* и частоты электрического поля *(f):*

$$\varepsilon_{хл/л}^{II} = 1{,}644 + 5 * e^{(0{,}469*W)}/(f^{0{,}434}). \quad (5)$$

Коэффициент детерминации R^2 = 0,9603.

Математическая модель зависимости диэлектрической проницаемости льняного волокна в продольном направлении (рисунок 4) от влажности и частоты электрического поля:

$$\varepsilon_{л}^{II} = 1{,}628 + e^{(0{,}59*W)}/(f^{0{,}434}). \quad (6)$$

Коэффициент детерминации R^2 = 0,9901.

Витебский государственный технологический университет

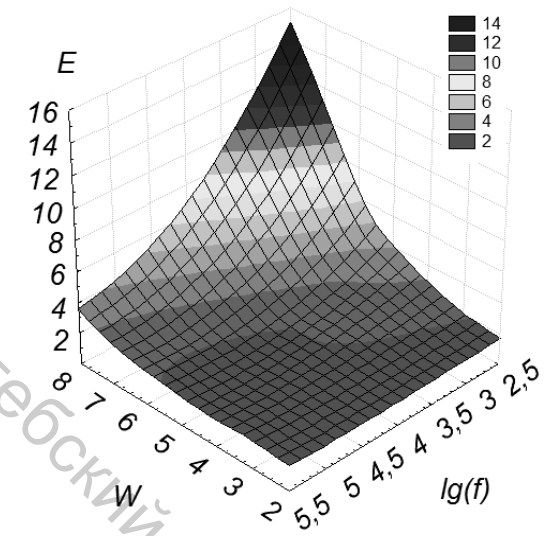


Рисунок 2 – Зависимость диэлектрической проницаемости хлопкового волокна в продольном направлении от влажности и частоты электрического поля

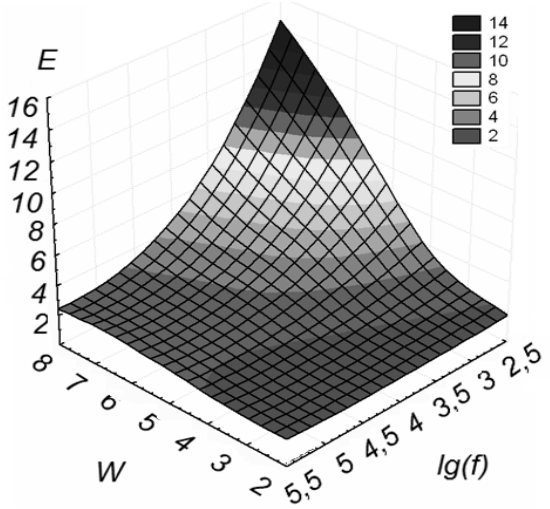


Рисунок 3 – Зависимость диэлектрической проницаемости смеси хлопкового и льняного волокна в продольном направлении от влажности и частоты электрического поля

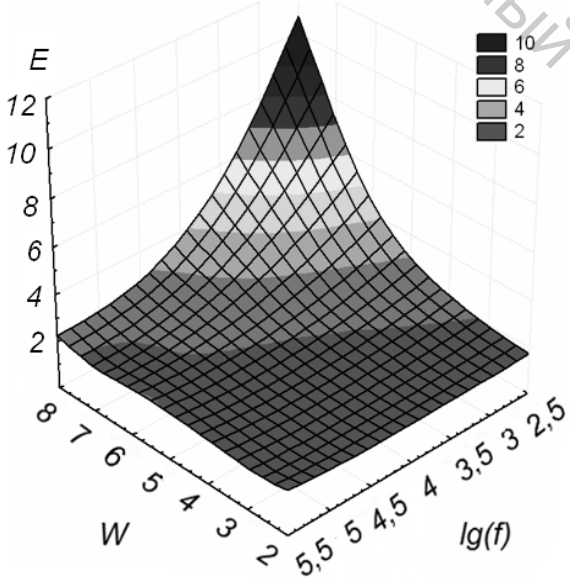


Рисунок 4 – Зависимость диэлектрической проницаемости льняного волокна в продольном направлении от влажности и частоты электрического поля

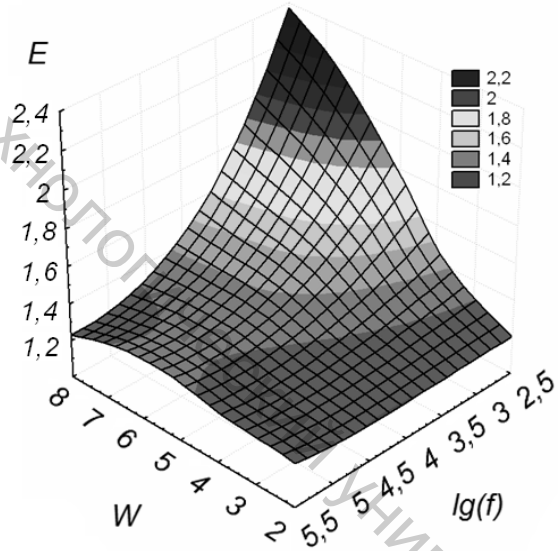


Рисунок 5 – Зависимость диэлектрической проницаемости хлопкового волокна в поперечном направлении от влажности и частоты электрического поля

Витебский государственный технологический университет

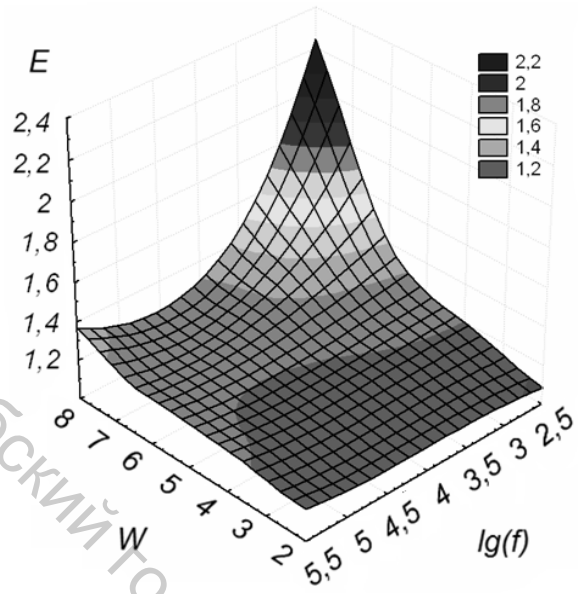


Рисунок 6 – Зависимость диэлектрической проницаемости смеси хлопкового и льняного волокна в поперечном направлении от влажности и частоты электрического поля

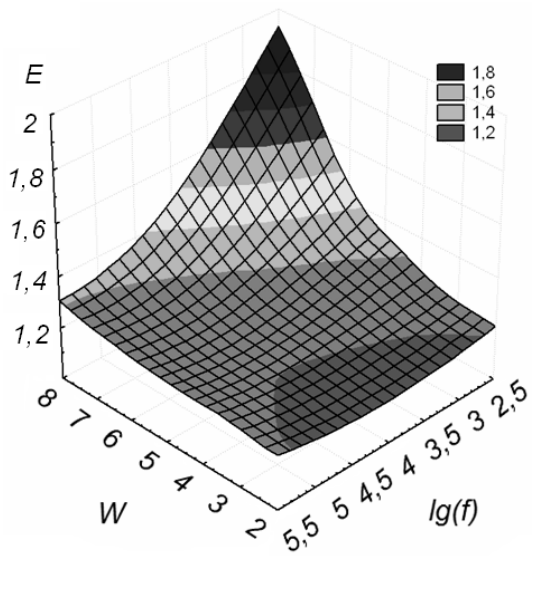


Рисунок 7 – Зависимость диэлектрической проницаемости льняного волокна в поперечном направлении от влажности и частоты электрического поля

Математическая модель зависимости диэлектрической проницаемости хлопкового волокна в поперечном направлении (рисунок 5) от влажности и частоты электрического поля:

$$\varepsilon_{хл}^{\perp} = 1{,}197+0{,}008*e^{W}/(f^{0{,}434}). \quad (7)$$

Коэффициент детерминации R^2 = 0,9509.

Математическая модель зависимости диэлектрической проницаемости смеси хлопкового и льняного волокна в поперечном направлении (рисунок 6) от влажности и частоты электрического поля:

$$\varepsilon_{хл/л}^{\perp} = 1{,}168+1{,}1* e^{(0{,}368*W)}/(f^{0{,}434}). \quad (8)$$

Коэффициент детерминации R^2 = 0,9332.

Математическая модель зависимости диэлектрической проницаемости льняного волокна в поперечном направлении (рисунок 7) от влажности и частоты электрического поля:

$$\varepsilon_{л}^{\perp} = 1{,}153+0{,}06*e^{(0{,}655*W)}/(f^{0{,}434}) . \quad (9)$$

Коэффициент детерминации R^2 = 0,9425.

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что зависимости диэлектрической проницаемости в продольном и в поперечном направлении имеют общие закономерности. Диэлектрическая проницаемость хлопковых и льняных волокон в продольном направлении изменяется в пределах от 1,49 до 14,7; в поперечном направлении – от 1,14 до 2,42. Для хлопкового волокна получены наибольшие значения диэлектрической проницаемости во всем диапазоне исследуемой влажности W и частоты электрического поля f. Для льняного волокна получены минимальные значения диэлектрической проницаемости во всем диапазоне исследуемой влажности и частоты электрического поля. Значения

Витебский государственный технологический университет

диэлектрической проницаемости для хлопкольняной смеси находят я в диапазоне между значениями хлопкового и льняного волокна.

Полученные модели имеют постоянную составляющую ε_n. Максимальное значение постоянной составляющей получено для хлопкового волокна $\varepsilon_{n\ хл}^{II}$ = ***1,693,*** $\varepsilon_{n\ хл}^{\perp}$ = 1,197; минимальное – для льняного волокна $\varepsilon_{n\ л}^{II}$ = 1,628, $\varepsilon_{n\ л}^{\perp}$ = ***1,153***; значения постоянной составляющей для смеси волокон $\varepsilon_{n\ хл/л}^{II}$ = 1,644, $\varepsilon_{n\ хл/л}^{\perp}$ = 1,168 находятся в диапазоне между значениями хлопкового и льняного волокна.

Диэлектрическая проницаемость волокон уменьшается с увеличением частоты электрического поля f и увеличивается с увеличением влажности W.

Анализ результатов, полученных в результате эксперимента, позволил составить общую зависимость диэлектрической проницаемости (ε):

$$\varepsilon = \varepsilon_n + W/F, \qquad (10)$$

где ε_n – постоянная составляющая диэлектрической проницаемости;

$W = a1*e^{a2*w}$ – показатель, отражающий влияние сорбционных свойств волокон;

$F = \sqrt[\ln 10]{f} = f^{0,434}$ – показатель, отражающий влияние частоты электрического поля.

Разработанная модель позволяет прогнозировать диэлектрическую проницаемость волокон в продольном и поперечном направлениях. Показатель ε_n численно равен значению диэлектрической проницаемости при влажности $W = 0$. Влияние частоты электрического поля на величину диэлектрической проницаемости одинаково для всех исследованных волокон $F = f^{0,434}$. Влияние влажности на диэлектрическую проницаемость волокон неоднозначно, так как значения показателя $W=a1*e^{a2*w}$ сильно различаются для различных образцов. Поэтому для применения разработанной модели необходимо провести дополнительные исследования сорбционных свойств текстильных волокон.

ВЫВОДЫ

Выработаны рекомендации по обеспечению эффективного функционирования многосекционных экранированных накладных измерительных конденсаторов, обеспечивающих контроль диэлектрических характеристик волокнистых материалов в продольном и поперечном направлениях.

Исследованы зависимости диэлектрической проницаемости в продольном и поперечном направлениях хлопковых и льняных волокон от влажности и частоты электрического поля.

Разработана общая зависимость диэлектрической проницаемости текстильных волокон от влажности и частоты электрического поля

Список использованных источников

1. А. С. 1778661, МКИ G 01 R 27/26. Способ определения структурной влаги в материалах с ортогональной анизотропией / А. А. Джежора. – № 4878623/25 ; заявл. 29.10.90 ; опубл. 30.11.92 , Бюллетень № 44. – 1 с.
2. Джежора, А. А. Влияние экрана подложки на емкость датчика / А. А. Джежора, В. В. Рубаник // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов : материалы III междунар. научно-технич. конф. – Могилев, 2009. – С.110-112.
3. Радовицкий, В. П. Электродинамика текстильных волокон (Поведение волокон в электрических полях) / В. П. Радовицкий, Б. Н. Стрельцов. – Москва : Легкая индустрия, 1967. – 253 с.

Статья поступила в редакцию 25.11.2010

Витебский государственный технологический университет

SUMMARY

The article is devoted to research of dielectric characteristics of flax and cotton fibres. Electrocapacitor sensors are widely used for nondestructive control of physical and mechanical properties of materials, such as moisture, homogeneity, porosity. Application of electrocapacitor measuring sensors for the analysis of textile materials allows to receive the information about quality parameters, moisture, structure, orientation of fibres, impurity degree and to forecast the deformation and strength properties.

Витебский государственный технологический университет

УДК 677.021.188.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ РАЗНОУСАДОЧНЫХ ВОЛОКОН В ЛЕНТЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЫСОКООБЪЕМНОЙ ПРЯЖИ

С.А. Ольшевский, С.С. Медвецкий

В настоящее время высокообъемная пряжа широко используется в трикотажном производстве во всем мире. Для повышения конкурентоспособности отечественной пряжи кафедрой ПНХВ УО «ВГТУ» на ОАО «Полесье» были проведены исследования по повышению качества высокообъемной полиакрилонитрильной (ПАН) пряжи в связи с масштабным перевооружением в 2008 – 2010 г. на ОАО «Полесье» и установкой современного технологического оборудования. На предприятии установлены ленторазрывные конверторы фирмы «Seydel» модели 873, ленточные интегральные машины фирмы «Schlumberger».

Целью исследований являлось разработка нового метода оценки качества смешивания, а также повышение качества смешивания разноусадочных волокон в поперечном сечении ленты.

Для проведения данных исследований на ОАО «Полесье» использовался жгут из ПАН волокон марки НД производства завода «Полимир» ОАО «Нафтан» г. Новополоцк. Жгут был переработан в ленту на ленторазрывном конверторе «Seydel 873». Полученные ленты из высоко- и низкоусадочных волокон далее подавались на ленточную разрыво-смешивающую машину D5 GC – 30 фирмы «Schlumberger», где производилось смешивание лент из низкоусадочных и высокоусадочных волокон в требуемом процентном соотношении, а также дорывание в многозонном вытяжном приборе волокон, неразорвавшихся при штапелировании. Далее лента перерабатывалась на трех переходах ленточных машин GC – 30 фирмы «Schlumberger». Ленточная машина первого перехода оснащена автоматическим регулятором вытяжки.

Высокоусадочные и низкоусадочные волокна смешивались в соотношении 55 % к 45 % соответственно. Процентное содержание разноусадочных компонентов задается при сложении определенного количества лент из высоко- и низкоусадочного волокна на интегральной ленточной машине. Для упрощения анализа качества смешивания компонентов использовался высокоусадочный компонент черного цвета, а низкоусадочный компонент – белого цвета.

Для выявления зависимости между числом сложений лент и неровнотой смешивания на первом переходе ленточных машин производилась наработка трех вариантов лент при изменении числа сложений лент на питании от 8 до 10. Далее полученные при разном числе сложения опытные ленты с первого перехода подавались на второй и третий переходы ленточных машин. Таким образом, было получено 10 вариантов ленты: один образец с интегральной машины и по три образца с каждого из трех переходов ленточных машин.

Исследования были проведены в два этапа. Так как одной из наиболее важных характеристик ленты является ее неровнота по линейной плотности, то для определения этой величины на первом этапе все образцы ленты были