

УДК 667.661

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА КОМБИНИРОВАННОЙ СТРУКТУРЫ  
МЕТОДОМ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

**AUTOMATED EXPERIMENTAL RESEARCH  
OF KNITTED CLOTH OF COMBINED STRUCTURE  
BY THE METHOD OF CALCULATION THE COEFFICIENTS  
OF FUNCTIONAL MATHEMATICAL MODELS**

*О.А. ГОНЧАРОВА, Н.Н. ШКОЛА, В.П. ЩЕРБАКОВА*  
*O.A. GONCHAROVA, N.N. SHKOLA, V.P. SHCHERBAKOV*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")  
E-mail: oxigon@yandex.ru

*Представлен автоматизированный расчет антимикробного трикотажного полотна с постоянным биоактивным эффектом с использованием вычислительной программы MathCAD.*

*The automated calculation of antimicrobial knitted cloth with constant bioactive effect using MathCad computer program has been presented.*

**Ключевые слова:** эксперимент, параметры, трикотажное полотно, воздухопроницаемость, гигроскопичность, влагоотдача, автоматизированный анализ, аппроксимация.

**Keywords:** an experiment, parameters, a knitted cloth, air permeability, hygroscopicity, moisture-yielding ability, an automated analysis, approximation.

Целью исследования является разработка методики выбора оптимальных способов выработки трикотажного полотна комбинированной структуры из всех возможных комбинаций состава сырья. Для этого необходимо экспериментальным путем получить образцы с требуемыми качественными характеристиками, зафиксировать параметры, соответствующие этим образцам, и обработать полученные данные статистическими методами.

Результатом исследования должны стать функциональные зависимости физико-геометрических свойств трикотажных полотен от структуры состава сырья. Найденные зависимости для практических целей можно будет представить в любой удобной форме, переведя их из аналитической формы в графическое или табличное представление.

На начальном этапе были изучены физико-механические, гигиенические харак-

теристики и потребительские свойства опытных образцов трикотажных полотен новых видов, предназначенных для изготовления детской спортивной одежды и спортивного белья следующей ассортиментной группы [1]: трикотажные полотна комбинированной структуры на базе двухластичного переплетения и производной глади из полиэфирных нитей 11 текс (f 128) (образец №7), а также их сочетаний с хлопчатобумажной пряжей 15,4 текс×1 с

содержанием в полотне 30 и 80% пряжи (образец №8 и №8а).

Образцы полотен с использованием полиэфирных текстурированных микрофиламентных нитей характеризуются хорошим застилом петельной структуры, мягким шелковистым блестящим грифом и могут быть использованы для футбольной, волейбольной формы и спортивных тренировочных костюмов [1]. Характеристики указанных образцов представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование образца	Наименование качественной характеристики	Фактическое значение
(Опытный образец № 8а) Трикотажное полотно комбинированной структуры из ПЭТ 11 текс (f 128) – 20 %, х/б 15,4 текс – 80 %	Толщина, мм	1,02
	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	226,9
	Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с	188
	Гигроскопичность, %	12,7
	Влагоотдача, %	58,4
	Изменение линейных размеров после мокрой обработки, %	
- по длине	-2,8	
- по ширине	-2,4	
(Опытный образец № 8) Трикотажное полотно комбинированной структуры из ПЭТ 11 текс (f 128) – 70 %, х/б 15,4 текс – 30 %	Толщина, мм	0,86
	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	213,5
	Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с	211
	Гигроскопичность, %	6,0
	Влагоотдача, %	55,2
	Изменение линейных размеров после мокрой обработки, %	
- по длине	-1,0	
- по ширине	-2,4	
(Опытный образец № 7) Трикотажное полотно комбинированной структуры из ПЭТ 11 текс (f 128) – 100 %	Толщина, мм	0,84
	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	194,5
	Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с	204
	Гигроскопичность, %	3,1
	Влагоотдача, %	64,2
	Изменение линейных размеров после мокрой обработки, %	
- по длине	-0,4	
- по ширине	-0,4	

Трикотажные полотна с использованием полиэфирных текстурированных нитей и их сочетаний с хлопчатобумажной пряжей характеризуются высоким показателем влагоотдачи 64 и 58%, изменением линейных размеров после мокрой обработки не более – 2,8%, воздухопроницаемостью 200 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с. Полотна формоустойчивые, относятся к I группе растяжимости. Показатели гигроскопичности данных полотен значительно ниже хлопчатобумажных, составляют для полотен из 100 % ПЭ нитей 3,1%, в сочетании с хлоп-

чатобумажной пряжей 6% и 12,7%. Наилучшими показателями комфортности характеризуется трикотажное полотно из полиэфирных текстурированных микрофиламентных нитей (18%) в сочетании с хлопчатобумажной пряжей (82%): гигроскопичность – 12,7%, влагоотдача – 58,4% [2...5].

Основная задача заключается в исследовании физико-геометрических свойств биоактивных волокон статистическими методами оптимизации для получения по-

лотен с наилучшими качественными потребительскими характеристиками.

В исследовании проводится статистический анализ зависимости физико-геометрических характеристик полотна от состава сырья с использованием метода наименьших квадратов. В качестве аргумента рассматриваемой зависимости прием вектор параметров состава сырья ( $x$ ), при этом значением функции будет вектор физико-геометрических характеристик трикотажного полотна ( $y$ ).

В данной работе в среде MathCAD реализуется автоматизированный анализ трикотажного полотна комбинированной структуры методом расчета коэффициентов нелинейных математических моделей.

Для сравнения подберем два типа нелинейных математических моделей, полином второго порядка и экспоненту:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2, \quad (1)$$

$$y = a_0 e^{a_1 x}. \quad (2)$$

Выберем метод аппроксимации (функциональная модель проводится между точек). Задача аппроксимации функции одной переменной с самого начала обяза-

тельно учитывает характер поведения исходной функции на всем интервале наблюдений. Для оценки качества аппроксимации введем критерий  $R$ , представляющий из себя сумму квадратов отклонений экспериментальных значений ординат от расчетных по модели. Этот критерий будет зависеть от неизвестных коэффициентов  $a$  математической модели [6]:

$$R = \sum_{i=1}^n \left( y_i - y_M(x_i) \right)^2. \quad (3)$$

Теперь перейдем к решению задачи определения коэффициентов математической модели с помощью среды программирования MathCAD с использованием числового оператора оптимизации Minimize. Для этого зададимся стартовой точкой для численного поиска ( $a_0 = 1, a_1 = 1, a_2 = 1$ ). Далее с использованием функции Minimize найдем вектор неизвестных коэффициентов  $a$  математической модели  $A = \text{Minimize}(R, a_0, a_1, a_2)$  и получим вид математической модели с найденными коэффициентами оптимизации. Полученные результаты визуализируем. Все результаты сведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

$y = a_0 + a_1x + a_2x^2$		$y = a_0 e^{a_1 x}$	
1		2	
Результаты решения задачи оптимизации			
$A_1 = \begin{pmatrix} 1,128 \\ -0,605 \\ 0,317 \end{pmatrix}$	$A_2 = \begin{pmatrix} 225,867 \\ 14,3 \\ -45,667 \end{pmatrix}$	$A_1 = \begin{pmatrix} 1,065 \\ -0,26 \end{pmatrix}$	$A_2 = \begin{pmatrix} 236,992 \\ -0,182 \end{pmatrix}$
$A_3 = \begin{pmatrix} 166,667 \\ 124 \\ -86,667 \end{pmatrix}$	$A_4 = \begin{pmatrix} 16,033 \\ -17,6 \\ 4,667 \end{pmatrix}$	$A_3 = \begin{pmatrix} 187,202 \\ 0,111 \end{pmatrix}$	$A_4 = \begin{pmatrix} 17,679 \\ -1,631 \end{pmatrix}$
$A_5 = \begin{pmatrix} 66,05 \\ -47,35 \\ 45,5 \end{pmatrix}$	$A_6 = \begin{pmatrix} -3,8 \\ 5,4 \\ -2 \end{pmatrix}$	$A_5 = \begin{pmatrix} 55,489 \\ 0,103 \end{pmatrix}$	$A_6 = \begin{pmatrix} -4,364 \\ -2,204 \end{pmatrix}$
$A_7 = \begin{pmatrix} -1,233 \\ -7,5 \\ 8,333 \end{pmatrix}$		$A_7 = \begin{pmatrix} -3,188 \\ -1,037 \end{pmatrix}$	

1	2
Вид математической модели с найденными коэффициентами оптимизации	
$y_1 = 1,128 - 0,605x + 0,317x^2$ $y_2 = 225,867 + 14,3x - 45,667x^2$ $y_3 = 166,667 + 124x - 86,667x^2$ $y_4 = 16,033 - 17,6x + 4,667x^2$ $y_5 = 66,05 - 47,35x + 45,5x^2$ $y_6 = -3,8 + 5,4x - 2x^2$ $y_7 = -1,233 - 7,5x + 8,333x^2$	$y_1 = 1,065e^{-0,26x}$ $y_2 = 236,992e^{-0,182x}$ $y_3 = 187,202e^{0,111x}$ $y_4 = 17,679e^{-1,631x}$ $y_5 = 55,489e^{0,103x}$ $y_6 = -4,364e^{-2,204x}$ $y_7 = -3,188e^{-1,037x}$
Визуализация полученных результатов	

Для сравнения обеих математических моделей найдем среднее квадратическое уклонение:

$$S = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (y_M(x_i) - y_i)^2}. \quad (4)$$

Среднее квадратическое уклонение			
$S_1 = 0,767$	$S_2 = 209,749$	$S_1 = 2,559$	$S_2 = 209,68$
$S_3 = 200,893$	$S_4 = 6,834$	$S_3 = 198,875$	$S_4 = 7,2$
$S_5 = 58,117$	$S_6 = 3,742$	$S_5 = 59,076$	$S_6 = 3,742$
$S_7 = 4,254$		$S_7 = 2,774$	

Чем меньше среднее квадратическое уклонение, тем результат больше приближается к среднему значению. В нашем случае результаты мало отличаются друг от друга, поэтому можно использовать два типа математической модели, но наиболее лучший результат получен с использованием экспоненциальной функции.

## ВЫВОДЫ

1. Составлен алгоритм метода расчета коэффициентов функциональной математической модели экспериментальных данных.

2. Для проведения эксперимента выбраны следующие параметры: толщина, поверхностная плотность, воздухопроницаемость, гигроскопичность, влагоотдача, линейные размеры после мокрой обработки (по длине, по ширине), растяжимость по ширине.

3. В результате проведения эксперимента заданы типы математических моделей (полином второго порядка и экспонента), сформулирован критерий оптимизации в соответствии с методом наименьших квадратов, определены коэффициенты математической модели с использованием численного оператора оптимизации *Minimize* и полученные результаты представлены графически. Также найдено среднее квадратическое уклонение для двух типов математической модели. Результаты пока-

зывают, что экспоненциальный тип математической модели более подходящий, так как результат больше приближается к среднему значению, чем у полинома второго порядка.

4. Полученные функциональные зависимости можно в дальнейшем рекомендовать для использования в практических расчетах с целью получения трикотажных полотен с заданной структурой состава сырья.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. – Ч.3. – М., 1967.
2. ГОСТ 3816–81. Ткани текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств.
3. ГОСТ 12088–77. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости.
4. ГОСТ 8847–85. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных.
5. ГОСТ 12023–93 (ИСО 5084-77). Материалы текстильные. Полотна. Метод определения толщины.
6. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007.

Рекомендована кафедрой механические технологии волокнистых материалов. Поступила 03.04.13.