

УДК 677.314.022.043.3

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ АППАРАТНОЙ ПРЯЖИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРЕБЕННОГО ТОПСА**

**DESIGNING OF THE STRENGTH PROPERTIES OF A CARD YARN
USING A WORSTED SLIVER**

Н.С. СКУЛАНОВА, Е.Р. ПОПОВА, Ю.П. КОЛЕСНИКОВ
N.S. SKULANOVA, E.R. POPOVA, JU.P. KOLESNIKOV

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: office@msta.ac.ru

В работе проведены расчеты прочности аппаратной пряжи, выработанной с использованием гребенного топса. Для расчета использовался аналитический метод проектирования пряжи из многокомпонентной смеси в условиях существенного различия геометрических и механических свойств волокон.

The calculations of durability of the card yarn developed with a worsted sliver are carried out in the paper. The analytical method of designing of a yarn from a multicomponent mixture in the conditions of essential distinction of geometric and mechanical properties of fibers was used for the calculation.

Ключевые слова: аппаратная пряжа, гребнечесание, теория проектирования, смесь волокон, геометрические и прочностные свойства, оптимизация.

Keywords: a card yarn, combing, a designing theory, a mix of fibers, geometric and mechanical properties, optimization.

В современной технологии аппаратной пряжи все большее распространение получает использование в качестве компонента

смеси топсовой ленты, изготавливаемой по полугребенной системе прядения (табл.1)

Т а б л и ц а 1

Машины по переходам	Линейная плотность входящего продукта, ктекс	Число сложений	Вытяжка	Линейная плотность выпускаемого продукта, ктекс
Чесальная машина фирмы "Тибо"	-	-	-	22
Ленточная машина I перехода мод. "GC-13"	22	10	8,46	26
Ленточная машина II перехода мод. "GC-12"	26	6	8,2	19
Ленточная машина III перехода мод. "GC-12"	19	5x2	7,92	12x2
Гребнечесальная машина мод. 1605	12	24	-	24
Ленточная машина IV перехода мод. "GC-13"	24	8	8	24

Применение топсовой ленты для изготовления аппаратной пряжи увеличивает выход пряжи из смеси до 96%, тогда как в условиях традиционного аппаратного прядения он достигает в лучшем случае 85%. Кроме того, пряжа, сформированная с участием в смеси топсовой ленты, более равномерна по линейной плотности и другим свойствам, имеет большую прочность, в ней снижено количество непсов и растительных примесей. Из многих факторов, определяющих геометрические и механические свойства ленты, наиболее важным является длина волокон. Рассортировка волокон по длине на короткие и длинные осуществляется на гребнечесальной машине.

Для оптимизации процесса гребнечесания на гребнечесальной машине модели 1605 выбраны факторы: X_1 – величина питания, мм; X_2 – зона сортировки, мм.

В качестве критерия оптимизации Y принята длина волокна в ленте после гребнечесания, так как для получения равномерной и прочной аппаратной пряжи наибольшее значение имеет удаление из смеси волокон длиной менее 30 мм. Далее приведены матрица X близкого к D -оптимальному плану Коно 2 и вычисленные из трех повторностей средние значения экспериментальных данных целевой функции Y :

$$X = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, Y = [53 \ 41 \ 68 \ 49 \ 60 \ 47 \ 45 \ 55 \ 49]^T.$$

Нахождение коэффициентов проведено

матричным методом:

$$B = [X^T X]^{-1} X^T Y. \quad (1)$$

Вычислены коэффициенты регрессии:

$$B = [49,778 - 7,333 + 5,5 + 3,333 - 0,167 - 1,75]^T.$$

Табличное значение критерия Стьюдента для $N = 9$ (число опытов) и $m = 3$

(число повторностей) $t_{\alpha; N(m-1)} = 2,101$. Расчетные величины критерия Стьюдента:

$$t_R(b_i) = [85,333 \ 41,905 \ 31,429 \ 6,349 \ 0,317 \ 6,667]^T.$$

В соответствии с условием значимости коэффициентов регрессии коэффициент b_{22} незначим и исключается из уравнения.

Остальные коэффициенты пересчитаны по формуле (1).

Расчетные значения целевой функции Y :

$$Y = [53,028 \ 41,861 \ 67,528 \ 49,361 \ 60,444 \ 45,778 \ 44,111 \ 55,111 \ 49,778]^T.$$

Построенный на сравнении дисперсии адекватности и дисперсии воспроизводимости критерий Фишера

$$F_R = 3,995 < F_{0,05; N(m-1)} = 4,414$$

позволяет признать полученный в результате планирования эксперимента полином второго порядка:

$$y = 49,778 - 7,333x_1 + 5,5x_2 + 3,333x_1^2 - 1,75x_1x_2 \quad (2)$$

не противоречащим опытными данным, а уравнение регрессии (2) может быть использовано для оптимизации процесса гребнечесания.

Для решения задачи условной максимизации функции $y(x_1, x_2)$ при ограничениях на переменные $-1 \leq x_1 \leq +1$ и $-1 \leq x_2 \leq +1$ применим метод покоординатного поиска. В этом методе в качестве очередного направления выбирают направление одной из координатных осей. Фактически решается задача оптимизации функции одной переменной. Метод хорошо известен, и нет необходимости приво-

дить алгоритм и формулы решения. В результате получен локальный условный максимум длины волокон в ленте после гребнечесания:

$$\max y(x_1, x_2) = \max y(-1, +1) = 67,7 \text{ мм} \quad (3)$$

при величинах питания $X_1 = 5,35$ мм и зоны сортировки $X_2 = 30$ мм.

Далее проведены исследования изменения длины волокон при гребнечесании с помощью прибора Алметр AL100 (рис.1; табл. 2 – средняя длина волокон, табл. 3 – процент коротких волокон в ленте).

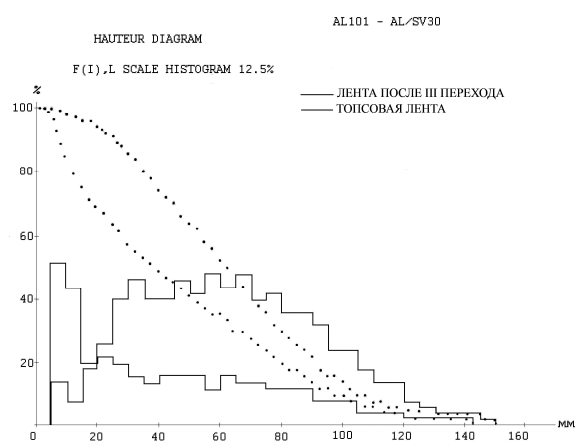


Рис.1

Т а б л и ц а 2

Варианты	Средняя длина волокон по массе, мм	Коэффициент вариации, %	Средняя длина волокон по сечению, мм	Коэффициент вариации, %
Лента после III перехода	48,2	73,4	74,2	47,6
Топсовая лента	64,4	47,7	79,0	37,8

Сравнение длины волокон при оптимальном гребнечесании позволило увеличить длину волокон на 25,4% и снизить коэффициент вариации с 73,4 до 47,7%.

Для получения равномерной пряжи важное значение имеет удаление коротких волокон менее 30 мм (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Показатель	< 15 мм	< 30 мм	< 40 мм	< 50 мм
Лента после III перехода	24,4	41,0	49,0	57,3
Топсовая лента	3,0	13,9	25,1	57,3

При гребнечесании процент волокон менее 30 мм снизился с 41 до 13,9.

Для проектирования прочностных свойств аппаратной пряжи с использованием гребенного топса выбран артикул

5017 с применением гребенного топса (вариант 1) и мериносовой шерсти 64^к (М., 21., I-II, мз.) – (вариант 2). В табл. 4 представлены составы смеси артикула 5017.

Т а б л и ц а 4

Вариант	Компоненты смеси	Долевое содержание компонента по массе
1	Топс, шерсть мериносовая 64 ^к (М., 21., I, мз.)	0,75
	Капроновое волокно	0,25
2	Шерсть мериносовая 64 ^к (М., 21., I-II, мз.)	0,75
	Капроновое волокно	0,25

Квадратическая неровнота определялась с использованием прибора КЛА-2.

Градиент неровноты для двух вариантов смеси приведен в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Показатели	Длина отрезка							
	0,2 см	1 см	3 см	10 см	25 см	50 см	1 м	2 м
Квадратическая неровнота, % (вариант 1)	16,4	15,2	12,7	9,4	8,1	6,8	5,9	2,7
Квадратическая неровнота, % (вариант 2)	18,3	16,7	13,4	10,5	8,9	8,0	7,2	6,8

Получение аппаратной пряжи с использованием гребенного топса позволило снизить квадратическую неровноту на 0,2-сантиметровых отрезках на 8, на 0,5-метровых отрезках на 14,1, на 2-метровых отрезках на 15 относительных процентов.

Расчет прочности аппаратной пряжи для двух вариантов смеси проведен с использованием теории деформирования и проектирования нитей и пряжи, являющейся универсальной и распространяю-

щейся на любые натуральные и химические волокна [1...3]. Прочность пряжи определяем по формуле:

$$P_* = \bar{P}_v(1)m_i(e_1 + 1)kk_c \langle \cos \vartheta \rangle, \quad (4)$$

где \bar{P}_v – прочность волокон длиной ℓ наиболее жесткого компонента; m_i – число волокон наиболее жесткого компонента;

$(e_1 + 1)$ – сумма соотношения жесткостей волокон в пряже; k – коэффициент реализации средней прочности волокон; k_c – коэффициент скольжения; ϑ – угол ориентации отдельных волокон.

Для расчета теоретической прочности аппаратной двухкомпонентной пряжи (табл. 7) были определены физико-механические свойства, представленные в табл. 6:

Т а б л и ц а 6

Компоненты смеси	Линейная плотность волокна, текс	Прочность волокна, сН	Удлинение волокна, %	Средняя длина волокон компонента, мм	Жесткость волокна, сН
Вариант 1					
Топс, шерсть мериносая 64 ^к (М., 21., I, мз.)	0,510	6,43	21,6	67,69	29,77
Капроновое волокно	0,400	14,17	27,1	65,00	52,29
Вариант 2					
Шерсть мериносая 64 ^к (М., 21., I-II, мз.)	0,515	6,19	26,9	53,02	23,01
Капроновое волокно	0,400	13,72	27,9	65,00	49,18

Т а б л и ц а 7

№	Показатель	Вариант 1	Вариант 2
1	Число волокон в пряже	128	121
2	Число волокон каждого компонента	Топс – 90 Капроновое волокно – 38	Шерсть мериносая – 90 Капроновое волокно – 31
3	Жесткость каждого компонента, сН	Топс – 2679,21 Капроновое волокно – 1986,94	Шерсть мериносая – 2070,99 Капроновое волокно – 1524,46
4	Параметры распределения Вейбулла	$P_w = 7,283$ $\alpha = 3,705$	$P_w = 7,115$ $\alpha = 3,348$
5	Прочность одиночного волокна, сН	Топс – 4,42 Капроновое волокно – 9,38	Шерсть мериносая – 4,42 Капроновое волокно – 8,69
6	Сумма соотношения жесткостей волокон	1,742	1,736
7	Теоретическая прочность пряжи, сН	357,9	341,1

ВЫВОДЫ

1. В условиях ЗАО "Текстильная фирма "Купавна" разработана новая технология аппаратной пряжи для тканей видимых переплетений с вложением в смеси гребенного топса.

2. Оптимизирован процесс гребнечесания; установлены оптимальные величины питания и зоны сортировки, позволившие снизить в гребенной ленте содержание волокон с длиной менее 30 мм на 27,1%.

3. С использованием аналитических методов проектирования пряжи проведены теоретические расчеты прочности аппаратной пряжи, выработанной из топсовой

ленты, мериносвой шерсти и полиамидных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Аналитические методы проектирования нити и пряжи. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007.
2. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2008.
3. Скуланова Н.С. Проектирование технологии и сформированной из нетрадиционных видов сырья аппаратной пряжи: Дис. ... докт. техн. наук. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2009.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 03.06.11.