

УДК 677.022:539.3

ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ШЕРСТЯНОЙ АППАРАТНОЙ ПРЯЖИ

Н.С. СКУЛАНОВА, М.А. ЖУРАВЛЕВ

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

В настоящее время в шерстопрядении для создания современного ассортимента тканей широко используются нетрадиционные волокна: ангорская шерсть, верблюжья шерсть, шерсть викунья. При переработке нетрадиционных волокон на существующем технологическом оборудовании возникают экономические и технологические проблемы: образование значительных отходов при переработке, повышенная обрывность в прядении и ткачестве, высокая стоимость сырья. В данной работе выполнены прочностные расчеты шерстяной аппаратной пряжи с вложением нетрадиционных видов волокон (ангорской шерсти) при использовании классической схемы расчета прочности, принятой в механике деформируемого твердого тела.

В [1] предложен и реализован аналитический подход к проектированию аппаратной многокомпонентной пряжи по прочности, который развивает теорию прочности нитей и пряжи, изложенную в зарубежной литературе [2]. В отличие от эмпирических отечественных методов проектирования пряжи разработанная нами теория основана на описании механизма явлений, возникающих при разрушении пряжи.

Расчеты проведены для многокомпонентных аппаратных смесей для ткани артикула 5215/440, вырабатываемой на ЗАО "Текстильная фирма "Купавна" при снижении процентного содержания ангорской шерсти с 50 до 30%. В табл. 1 приведены составы смесей для расчетов.

Линейная плотность пряжи составляла 124,5 текс, крутка – 287 кр/м.

Т а б л и ц а 1

№ компонента	Компоненты смеси	Долевое содержание компонентов в смеси				
		вариант 1	вариант 2	вариант 3	вариант 4	вариант 5
1	Шерсть мериноская 64 ^к /70 ^к , I длины, сорного состояния	0,297	0,267	0,247	0,227	0,207
2	Шерсть мериноская 64 ^к , III длины, сорного состояния	0,250	0,230	0,210	0,190	0,170
3	Ангора I кл, I гр, св, бел.	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500
4	Капроновое волокно	0,153	0,153	0,143	0,133	0,123

Первым этапом расчета является составление уравнений совместности деформаций компонентов при деформировании пряжи в виде:

$$\frac{T_1}{E_1 F_1} = \frac{T_2}{E_2 F_2} = \frac{T_3}{E_3 F_3} = \frac{T_4}{E_4 F_4}, \quad (1)$$

где $E_i F_i$ – жесткость компонента при растяжении с соответствующими индексами; T_i – натяжение волокон компонента.

Современные теории прочности основаны на гипотезе наислабейшего звена: прочность нити отождествляется с прочностью цепи, которая определяется прочностью ее наислабейшего звена. Таким зве-

ном в пряже будет сечение с наименьшим числом волокон. Определим минимальную линейную плотность пряжи:

$$T_{\min} = \bar{T}_{\text{пряжи}} - 3\sigma. \quad (2)$$

Жесткость компонента равна жесткости одного волокна, умноженной на число во-

локон m_i этого компонента. Доля i -го компонента смеси, заданная по массе, и пересчитывается к долям по числу волокон с учетом их длины. Поскольку наибольшие усилия возникают в самом жестком компоненте, определим удельные жесткости каждого компонента смеси всех вариантов пряжи (табл. 2).

Таблица 2

№ варианта пряжи	Компоненты смеси	Жесткость одного волокна, сН	Жесткость компонента, сН	Отношения жесткости каждого компонента к наиболее жесткому
1	1	23,83	1310,417	0,628
	2	31,7	1775,146	0,851
	3	130,43	2086,845	1
	4	52	1404	0,673
2	1	23,83	1191,288	0,481
	2	31,7	1648,35	0,665
	3	130,43	2478,128	1
	4	52	1352	0,546
3	1	23,83	1119,811	0,409
	2	31,7	1521,553	0,556
	3	130,43	2738,984	1
	4	52	1352	0,494
4	1	23,83	1024,508	0,327
	2	31,7	1394,757	0,446
	3	130,43	3130,267	1
	4	52	1248	0,399
5	1	23,83	953,03	0,271
	2	31,7	1267,961	0,36
	3	130,43	3521,551	1
	4	52	1196	0,34

Расчет прочности T_{3*} наиболее жесткого компонента, который разрушается первым, ведем с учетом механизма разрушения нити, представляющего собой последовательный разрыв волокон: сначала наиболее слабых волокон, а затем, после обрыва одного волокна, перераспределение нагрузки на остальные $m - 1$ волокна и т.д.; учитывается коэффициент реализации средней прочности волокон:

$$k = \frac{(\alpha e)^{-\frac{1}{\alpha}}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}. \quad (3)$$

Определим параметры распределения Вейбулла для наиболее жесткого компо-

нента смеси. Для волокон третьего компонента ангорской шерсти средняя прочность волокна $\bar{P}_b = 24,39$ сН, дисперсия $D = 36,79$ сН².

Параметры распределения Вейбулла:

$$P_* = 26,703, \quad \alpha = 4,569.$$

Тогда коэффициент реализации средней прочности волокон, вычисленный по формуле (3), принимает значение $k = 0,631$. Если суммарное натяжение каждого компонента обозначить как T_i , то равновесие системы опишется уравнением:

$$(T_1 + T_2 + T_3 + T_4) \langle \cos \vartheta \rangle = P, \quad (4)$$

где $\langle \cos \vartheta \rangle$ представляет собой среднее значение $\cos \vartheta$. Угол кручения β исследуемых вариантов пряжи линейной плотности 124,5 текс составляет $26,9^\circ$. Тогда усредненный $\cos \vartheta$ принимает значение $\langle \cos \vartheta \rangle = 0,95$.

Моделирование волокна в виде звеньев цепи согласуется с представлениями о том, что разрушение обусловлено локальными

дефектами. Определяем прочность волокон длиной ℓ_1 по следующей формуле:

$$\bar{P}_B(\ell) = P_* \left(\frac{\ell_0}{\ell} \right)^\alpha \Gamma \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right). \quad (5)$$

Для ангорской шерсти прочность волокон с учетом длины составляет 16,9 сН.

Для расчета прочности пряжи пяти вариантов определяются основные параметры (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Показатели	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Средняя линейная плотность волокон в смеси, текс	0,617	0,641	0,67	0,702	0,737
Число волокон в тонком сечении пряжи	155	149	142	136	129
Число волокон наиболее жесткого компонента	16	19	21	24	27
Теоретическая прочность многокомпонентной пряжи, сН	496,065	503,107	507,828	512,745	523,381

Теоретические расчеты прочности пряжи с использованием параметров коэффициента скольжения, расчетной прочности волокон длиной ℓ , длины участка скольжения волокон, коэффициента реализации средней прочности волокон в пряже, угла кручения, прочности наиболее жесткого компонента и вклада каждого компонента в суммарную прочность позволили

установить, что при снижении доли вложения ангорской шерсти с 0,5 до 0,3 теоретическая прочность пряжи снизилась с 523,381 сН и 496,065 сН.

В условиях ЗАО "Текстильная фирма "Купавна" выработаны опытные партии объемом 3 т смеси, составы смеси которых представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Компоненты смеси	Долевое содержание компонентов в смеси	
	Вариант 1	Вариант 2
Шерсть мериносвая 64 ^к /70 ^к , I длины, сорного состояния	0,257	0,290
Шерсть мериносвая 64 ^к , III длины, сорного состояния	0,220	0,260
Ангора I кл, I гр, св, бел.	0,380	0,300
Капроновое волокно	0,143	0,150

Исследование изменения длины волокон в процессе переработки проведено с использованием прибора Альметр. Определены следующие параметры: средняя

длина волокон по "Хауте" и "Барбе", коэффициенты вариации по длине, долевое содержание волокон по классам длины, максимальная длина волокон (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Варианты	Средняя длина волокна в ровнице по диаграмме "Хауте", мм	Коэффициент вариации по длине CVH, %	Средняя длина волокна в ровнице по диаграмме "Барбе", мм	Коэффициент вариации по длине CVB, %
1	25,4	73	38,9	60,3
2	21,5	72,7	32,9	60,8

Установлено, что при снижении долевого содержания ангорской шерсти с 0,38 до 0,3 длина волокон в ровнице по сравнению с длиной волокон до кардочесания

снизилась по диаграмме "Хауте" на 15,4%, по диаграмме "Барбе" на 15,5%. Результаты исследования прочностных показателей пряжи представлены в табл. 6.

Таблица 6

Варианты пряжи	Прочность, сН	Коэффициент вариации по прочности, %	Удлинение, %	Коэффициент вариации по удлинению, %
1	478	11,92	18,21	24,95
2	467	10,56	13,12	29,00

При снижении долевого содержания ангорской шерсти с 0,38 до 0,3 произошло снижение прочности пряжи с 478 до 467 сН.

С использованием прибора КЛА-2 для

двух вариантов пряжи определены градиенты неровноты и спектры неровноты.

Значения неровноты для отрезков различной длины приведены в табл. 7.

Таблица 7

Варианты пряжи арт. 5215/440	Длина отрезка, м						
	0,01	0,1	0,5	1	3	5	10
Вариант 1	16,5	11,3	7,8	6,4	5,5	4,3	2,7
Вариант 2	22	15,7	8	6,5	3,2	2,5	1,4

Для отрезков длиной 0,5 и 1 м значение неровноты практически одинаковы для обоих вариантов, значимая разность в снижении неровноты появляется на отрезках длиной 10 м и для варианта 2 неровнота снижается на 48,2%.

Сравнение реальной прочности выработанной пряжи с теоретической для вариантов 1 и 2 позволяет сделать вывод о том, что относительная ошибка прочности пряжи для варианта 1 составила 5,5%, для варианта 2 – 5,8%.

ВЫВОДЫ

1. Проведены прочностные расчеты многокомпонентной шерстяной аппаратной пряжи с применением нетрадиционного волокна (ангорской шерсти) с использованием классической схемы расчета проч-

ности, принятой в механике деформируемого твердого тела.

2. Применение теории, учитывающей структурные особенности пряжи, геометрические, жесткостные, фрикционные и другие характеристики волокон, позволяет вести проектирование оптимальных составов смесей аппаратной многокомпонентной пряжи с вложением нетрадиционных видов волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шербаков В.П., Скуланова Н.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 2.
2. Hearle J. W. S., Grosberg P., Backer S. Structural Mechanics of Fibers, Yarns and Fabrics. – New York, 1969.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти. Поступила 01.12.06.