

УДК 677.017

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСТЯЖИМОСТИ КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА ПО ШИРИНЕ

А.В. ТРУЕВЦЕВ, О.Б. ПАФОНОВА

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Растяжимость считается важнейшим параметром кулирного трикотажа, потому что в значительной мере определяет его эксплуатационные характеристики и комфортность изделия. Кроме того, именно это свойство отличает трикотаж от ткани, а потому изучение его природы представляется принципиально важным для понимания взаимосвязи структуры и механических характеристик трикотажа [1].

Вместе с тем, по мнению С. Кавабаты [2], в практических целях далеко не всегда нужно иметь полное описание механических свойств материала. В каждой конкретной технологической ситуации инженеру требуется знание одного параметра трикотажа для наладки оборудования, раскроя полотна или пошива изделия.

В рамках этой концепции интересен подход П. Гросберга [3], полагавшего, что каждая механическая характеристика полотна может быть связана эмпирическим (регрессионным) уравнением с каким-то комплексным критерием, включающим свойства нити и параметры структуры трикотажа.

Как показано в [4], при эксплуатационных нагрузках основным путем растяжения трикотажа является смещение точек контакта между нитями, то есть перетягивание нити из одной петли в другую. Поэтому было естественным предположить, что свойствами нити, которые следовало бы в первую очередь включить в искомый комплексный критерий, являются коэффициент трения нити о нить и ее жесткость при изгибе [5], [6].

В качестве характеристик структуры

трикотажа в комплексный критерий, по-видимому, следует включить длину нити в петле и какую-либо количественную характеристику вида переплетения, способную отразить сопротивляемость полотна растяжению.

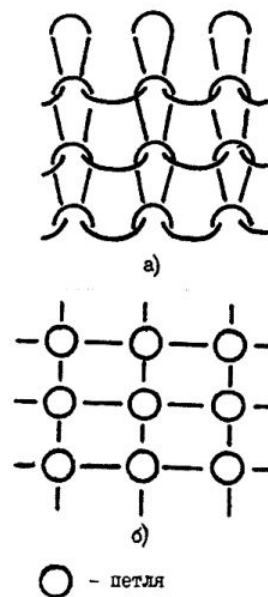


Рис. 1

Например, петля в трикотаже переплетения кулирная гладь (рис.1-а) структурно соединена с четырьмя соседними петлями: верхней, нижней, левой и правой (рис.1-б). В химии число связей, которое химический элемент может образовать с другими элементами, называется валентностью. Заимствуя это понятие, будем считать, что валентность петли кулирной глади равна 4 [7].

В ластике 1 + 1 петля структурно со-

единена непосредственно с верхней и нижней петлями – соседями по петельному столбику. Однако с соседями по петельному ряду петля ластика 1 + 1 лишена нормальных связей (она соединяется с ними через петли второй стороны полотна). Горизонтальные связи в ластике 1 + 1 как бы "выпадают".

Следовательно, вертикальные связи ластичной петли – активные, а горизонтальные – пассивные, обеспечивающие существование переплетения как такового, но не играющие активной роли в сопротивлении трикотажа растяжению по ширине, именно поэтому ластик легко растягивается по ширине подобно "гармошке". Две оставшиеся вертикальные связи препятствуют перетягиванию нити из остовов петель в платинные дуги. Поэтому будем считать, что валентность ластичной петли равна 2.

В неполных ластиках (2+1, 2 + 2 и т.д.) помимо ластичных (двусторонних) протяжек имеются и односторонние протяжки, характерные для кулирной глади. Так, в ластике 2 + 2 каждая петля имеет одну двустороннюю и одну одностороннюю протяжку. Это означает, что каждая петля ластика 2 + 2 имеет, помимо двух вертикальных активных связей, две горизонтальные – одну пассивную и одну активную. Вследствие этого валентность ластика 2 + 2 равна 3.

В трикотаже производных кулирных переплетений всегда присутствует зажатие петель по горизонтали. Зарубежные исследователи традиционно уделяют большое внимание зажатую (*jamming*) петлю, которое выражается в соприкосновении игольных дуг соседних петель одного ряда, и подчеркивают, что при возникновении в структуре трикотажа этого явления растяжимость полотна резко падает.

Это соображение нашло отражение и в работах по проектированию растяжимости полотен с использованием механических моделей петли [8]. Например, в двуластике петельные столбики первого ластика сжаты петлевыми столбиками второго ластика. Этот контакт создает две дополнительные активные структурные связи, которые

препятствуют растяжению двуластика по ширине. По этой причине двуластик следует присвоить валентность 4.

Заметим, что по растяжимости вдоль петельных рядов двуластик, действительно, очень близок к кулирной глади, которой нами присвоена валентность 4. Искомый комплексный критерий, отражающий подвижность петельной структуры под действием внешней нагрузки, назовем лабильностью (от латинского "*labilis*" – нестойкий, нестабильный, склонный к изменениям).

Запишем его в виде

$$L = \frac{\ell}{H\mu V},$$

где L – лабильность, $\text{сН}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}$; ℓ – длина нити в петле, мм; H – жесткость нити при изгибе, $\text{сН}\cdot\text{мм}^2$; μ – коэффициент трения нити о нить; V – валентность петли в полотне.

Лабильность L трикотажа была успешно применена в [5] для прогнозирования деформирования трикотажа при товароотводе. Попробуем воспользоваться ею для получения зависимости

$$\varepsilon = f(L), \quad (1)$$

где ε – удлинение стандартного образца (имеющего форму рукава [9]) шириной 50 мм и длиной 100 мм под действием нагрузки 6 Н вдоль петельных рядов, мм.

Величину ε в технологической практике называют растяжимостью трикотажа [9] и учитывают при изготовлении лекал в швейном производстве.

Для проведения эксперимента были изготовлены образцы трикотажа различных переплетений (кулирная гладь – варианты 1...11, ластик 1+1 – варианты 12...20, ластик 2+2 – варианты 21...27, двуластик – варианты 28...31) из пряжи разного волокнистого состава в широком спектре линейных плотностей (табл.1) и после ВТО и приведения в равновесное состояние была определена их растяжимость на приборе ПР-2 по стандартной методике [9].

Таблица 1

Вариант полотна	Характеристики пряжи				Характеристики полотна			
	содержание волокон, %	T, текс	N, сН·мм ²	μ	l, мм	P _г , дм ⁻¹	P _в , дм ⁻¹	ε, мм
1	шерсть 45 нитрон 45 лавсан 10	90	1,39	0,30	9,31	29	60	57
2	то же	90	1,44	0,27	8,70	31	60	49
3	то же	90	1,66	0,32	8,90	31	60	37
4	то же	90×2×2	2,52×2	0,29	10,4	28	60	10
5	шерсть 30 ПАН 55 вискоза 10 шелк	71×2×2	1,56×2	0,40	14,7	27	40	56
6	хлопок 100	56×1×2	0,60×2	0,42	7,79	54	72	39
7	шерсть 68 полиамид 24 кашемир 8	32×2	0,66	0,36	6,20	63	77	60
8	шерсть 30 нитрон 70	31×2	1,32	0,31	6,55	60	80	66
9	хлопок 100	29×2	0,87	0,36	6,71	60	80	73
10	хлопок 50 лен 50	36×1×2	0,47×2	0,39	6,56	60	80	40
11	лавсан 70 акрил 20 хлопок 10	18,5×2×2	0,48×2	0,30	6,00	59	80	77
12	шерсть нитрон	31×2×2	0,74×2	0,34	8,51	40×2	55	119
13	то же	31×2×2	0,86×2	0,34	8,47	40×2	60	120
14	то же	31×2×2	0,68×2	0,34	8,48	40×2	60	120
15	шерсть 68 полиамид 24 кашемир 8	32×2	0,66	0,36	5,70	57×2	82	100
16	хлопок 100	16,5×1×2	0,13×2	0,35	3,99	100×2	120	111
17	шерсть 30 нитрон 70	31×2	1,32	0,31	6,75	46×2	80	116
18	хлопок 100	29×2	0,87	0,36	6,55	50×2	80	112
19	хлопок 50 лен 50	36×1×2	0,47×2	0,39	6,30	50×2	80	107
20	лавсан 70 акрил 20 хлопок 10	18,5×2×2	0,48×2	0,40	6,75	47×2	80	118
21	шерсть 50 нитрон 50	31×2×2	0,74×2	0,34	8,43	46×2	60	119
22	шерсть 50 нитрон 50	31×2×2	0,86×2	0,34	8,15	46×2	64	121
23	то же	31×2×2	0,68×2	0,34	8,11	46×2	64	121
24	шерсть 30 нитрон 70	31×2	1,32	0,31	6,70	55×2	85	120
25	хлопок 100	29×2	0,87	0,36	6,31	60×2	85	122
26	хлопок 50 лен 50	36×1×2	0,47×2	0,39	6,52	57×2	84	121
27	лавсан 70 акрил 20 хлопок 10	18,5×2×2	0,48×2	0,30	6,68	54×2	86	123
28	хлопок 100	15,4	0,12	0,35	2,40	120×2	130	85
29	то же	15,4	0,12	0,35	2,90	120×2	125	114
30	то же	15,4	0,12	0,35	3,15	110×2	115	123
31	то же	15,4	0,12	0,35	3,38	108×2	110	122

В табл. 1 сведены значения линейной плотности T пряжи; жесткости N нити при изгибе; коэффициента μ трения нити о нить; длины l нити в петле; плотности P_v по горизонтали и P_h по вертикали, а также растяжимости полотна по ширине ϵ – удлинения при нагрузке 6 Н .

Попытка получения зависимости (1) дала неудовлетворительные результаты: ни линейная, ни степенная функции не дали адекватной модели. Коэффициент корреляции между расчетными и экспериментальными значениями ϵ составил всего лишь $R = 0,50 \div 0,68$.

В связи с этим было решено учесть то обстоятельство, что исследуемые полотна имеют различную плотность вязания по вертикали, а следовательно, при нагружении вдоль петельных рядов одинаковой силой 6 Н фактически оказываются в разных напряженно-деформированных состояниях. Иными словами, было бы правильнее оценивать растяжимость полотен не при одинаковой нагрузке, а при одинаковом напряжении.

Однако во избежание нарушения стандарта [9], но с целью обеспечения большей объективности обрабатываемых данных нами была введена новая характеристика – приведенная растяжимость:

$$Z = \frac{E}{nT}, \quad (2)$$

где Z – приведенная растяжимость, $\text{м}^2/\text{г}$; ϵ – растяжимость, мм; T – линейная плотность пряжи, текс ($\text{г}/\text{км}$); n – число петель в поперечном сечении образца (численно равно P_h).

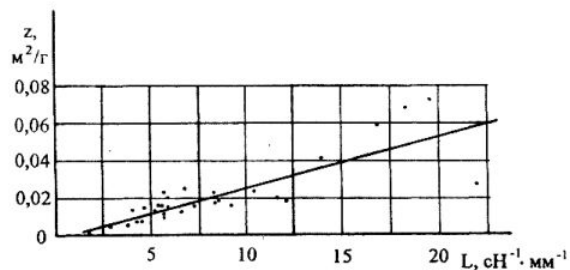


Рис. 2

Полученная в результате линейная модель (рис. 2) записывается в виде

$$Z = -0,0026 + 0,0028L \quad (3)$$

и обеспечивает $R = 0,85$, что вполне приемлемо.

Легкий обратный переход от Z к ϵ ($\epsilon = ZTP_h$) позволяет вычислять растяжимость трикотажа на этапе технологической подготовки производства.

Таблица 2

Вариант полотна	Характеристики пряжи				Характеристики полотна			
	содержание волокон, %	T , текс	N , $\text{сН}\cdot\text{мм}^2$	μ	l , мм	P_v , дм^{-1}	P_h , дм^{-1}	ϵ , мм
32	шерсть 50 акрил 50	$39 \times 2 \times 2$	$0,72 \times 2$	0,30	7,30	45×2	51	94
33	лен 50 ПАН 50	65×2	1,61	0,30	8,38	34×2	48	84
34	шерсть 70 вискоза 30	32×2	0,83	0,35	6,10	62	85	68
35	то же	32×2	0,83	0,35	9,50	64	58	48
36	шерсть 68 полиамид 24 кашемир 8	32×2	0,66	0,36	8,96	69	65	47

Для проверки точности методики были связаны тестовые образцы, параметры которых сведены в табл.2.

Таблица 3

Вариант полотна	Переплетение	Валентность	Лабильность, $\text{сН}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}$	Приведенная растяжимость, $\text{м}^2/\text{г}$		Отклонение расчетного значения от фактического, %
				фактическая	расчетная по формуле (3)	
32	ластик 1 + 1	2	5,48	0,012	0,013	8
33	полуфанг	2,5	6,79	0,013	0,016	23
34	кулирная гладь	4	5,24	0,012	0,012	0
35	производная гладь	6	5,82	0,016	0,018	15
36	то же	6	7,50	0,014	0,014	0

Из табл. 3 видно, что отклонение расчетных данных от экспериментальных невелики, особенно если принять во внимание тот факт, что растяжимость трикотажа в инженерной практике до настоящего времени определяется лишь опытным путем.

ВЫВОДЫ

1. Проектирование растяжимости трикотажа целесообразно осуществлять на основе комплексного критерия – лабильности полотна, включающего длину нити в петле, валентность петли, жесткость нити при изгибе и коэффициент трения нити о нить.

2. Точность проектирования может быть существенно повышена за счет использования приведенной растяжимости, учитывающей число петель в образце, сопротивляющихся приложенной нагрузке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобляков А.И. Структура и механические свойства трикотажа. – М.: Легкая индустрия, 1973.
2. Kageyama M., Kawabata S., Niwa M. // Journal of the Textile Institute. – Vol.79, № 4, 1988. P.543...567.
3. Hearle J.W.S., Grosberg P., Backer S. Structural mechanics of fibres, yarns and fabrics. –New York: Wiley Interscience, 1969.
4. Карпов В.Е., Шалов И.И. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1972, №1. С.32...35.
5. Труевцев А.В. Теоретические основы проектирования параметров кулирного трикотажа и разработки технологических режимов его производства с учетом деформационных свойств нитей и полотен: Дис.... докт. техн. наук. – СПб., СПГУТД, 1998.
6. Труевцев А.В. и др. // Текстильная промышленность. – 1998, № 1. С.32...34.
7. Ровинская Л.П., Труевцев А.В. Трикотаж неполных переплетений. – СПб: РИО СПИТЛП им. С.М. Кирова, 1992.
8. Herworth B. // Knitting International. – Vol. 96, № 1147, 1989. P.48...51.
9. Торкунова З.А. Испытания трикотажа. – М.: Легпромбытиздат, 1985.

Рекомендована кафедрой технологии и оборудования трикотажного производства. Поступила 05.12.03.