

УДК 667.017

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ ТКАНЕЙ  
ВЕДОМСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ  
ЕСТЕСТВЕННОЙ И ИСКУССТВЕННОЙ СВЕТОПОГОДЫ**

*Е.В. БОЧКАРЕВА, Ю.С. ШУСТОВ, А.В. КУРДЕНКОВА*

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

В процессе эксплуатации ткани ведомственного назначения чаще всего подвергаются действию природных условий, включающих влияние влаги и температуры, то есть действию светопогоды.

В качестве объектов исследования были выбраны ткани ведомственного назначения, которые отличались линейной плотностью нитей и плотностью тканей. Образцы были выработаны саржевым переплетением, а также имели различное содержание полиэфирных и хлопковых волокон.

Исследуемые ткани подвергались действию светопогоды на приборе дневного света ПДС в соответствии с условиями, указанными в ГОСТе 10793–64 [1] в течение 12 ч, а также действию светопогоды в естественных условиях в течение 208 суток.

В качестве критерия оценки износостойкости тканей после действия светопогоды была выбрана разрывная нагрузка образцов, которая определялась в соответствии с ГОСТом 3813–72 [2]. Испытания тканей проводились на универсальной испытательной системе Инстрон серии 4411 при скорости движения верхнего зажима 150 мм/мин и расстоянии между зажимами 100 мм. Ширина образцов составляла 50 мм.

Для установления зависимости разрывной нагрузки от параметров строения и волокнистого состава воспользуемся методами теории подобия и анализа размерностей [3].

В качестве основных факторов, оказывающих влияние на разрывную нагрузку

тканей, выберем:

для естественной светопогоды:

$$Q_{\text{ЕСП}} = f(Q_{\text{исх}}, s, n, T_o, T_y, \Pi_o, \Pi_y), \quad (1)$$

для искусственной светопогоды:

$$Q_{\text{ИСП}} = f(Q_{\text{исх}}, t, n, T_o, T_y, \Pi_o, \Pi_y), \quad (2)$$

где  $Q_{\text{ЕСП}}$  – разрывная нагрузка ткани, подвергавшейся действию естественной светопогоды, Н;  $Q_{\text{ИСП}}$  – разрывная нагрузка ткани, подвергавшейся действию искусственной светопогоды, Н;  $Q_{\text{исх}}$  – разрывная нагрузка ткани, не подвергавшейся воздействиям, Н;  $s$  – длительность действия естественной светопогоды, сутки;  $t$  – длительность действия искусственной светопогоды, ч;  $n$  – содержание полиэфирных волокон, %;  $T_o$  – линейная плотность нитей основы, текс;  $T_y$  – линейная плотность нитей утка, текс;  $\Pi_o$  – плотность ткани по основе, число нитей/10 см;  $\Pi_y$  – плотность ткани по утку, число нитей/10 см.

Используя анализ размерностей, выразим формулы (1) и (2) через безразмерные комбинации величин:

$$\frac{Q_{\text{ЕСП}}}{Q_{\text{исх}}} = \eta = \left( s; n; \frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o} \right), \quad (3)$$

$$\frac{Q_{\text{ИСП}}}{Q_{\text{исх}}} = \eta = \left( t; n; \frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o} \right). \quad (4)$$

Так как на разрывную нагрузку тканей имеют влияние три комплекса, то формула

для расчета безразмерного показателя, характеризующего изменение прочности тканей после действия светопогоды, примет вид:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3, \quad (5)$$

где  $\eta_1$  – безразмерный показатель, характеризующий влияние факторов светопогоды;  $\eta_2$  – безразмерный показатель, характеризующий содержание полиэфирных волокон в ткани;  $\eta_3$  – безразмерный показатель, характеризующий структурные характеристики тканей.

В табл. 1, 2 представлены результаты

расчета параметров строения и разрывной нагрузки исследуемых тканей после действия естественной и искусственной светопогоды.

Для установления степени влияния каждого из параметров находим зависимости:

для естественной светопогоды:

$$\eta_1 = f(s) = -0,431 \ln(s + 303,890) + 3,463, \quad (6)$$

$$\eta_2 = f(n) = \frac{n}{148,250n - 60,729}, \quad (7)$$

$$\eta_3 = f\left(\frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o}\right) = \frac{\frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o}}{9,940 \ln\left(\frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o} + 6,640\right) - 19,051}. \quad (8)$$

Таблица 1

Артикул тканей	Содержание полиэфира, %	s, сутки	T <sub>о</sub> , текс	Π <sub>о</sub> , нитей / 10см	T <sub>у</sub> , текс	Π <sub>у</sub> , нитей / 10см	$\frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o}$	Q <sub>ЕСП</sub> , Н	Q <sub>исх</sub> , Н	$\frac{Q_{ЕСП}}{Q_{исх}}$	η <sub>1</sub>	η <sub>2</sub>	η <sub>3</sub>	Q <sub>ЕСП</sub> расч, Н	Отклонение, %
8с101кв	100	0	26,0	310	26,0	210	0,677	849,5	849,5	1,0000	0,9991	0,0068	1,0058	892,4	4,81
	100	52	26,0	310	26,0	215	0,694	769,3		0,9056	0,9310	0,0066	0,9109	826,7	6,94
	100	104	26,6	310	26,0	218	0,687	727,2		0,8560	0,8723	0,0067	0,8610	776,2	6,32
	100	156	27,4	320	27,0	220	0,677	711,9		0,8380	0,8205	0,0070	0,8429	732,9	2,86
	100	208	28,0	330	27,6	230	0,687	666,3		0,7844	0,7744	0,0069	0,7889	689,2	3,32
3с21кв	77	0	13,6	388	33,2	372	2,341	654,6	654,6	1,0000	0,9991	0,0068	1,0046	629,3	4,03
	77	52	14,0	400	33,9	380	2,300	573,4		0,8760	0,9310	0,0064	0,8800	585,7	2,10
	77	104	14,8	430	34,8	396	2,165	547,2		0,8360	0,8723	0,0065	0,8398	546,9	0,06
	77	156	15,8	440	37,0	408	2,171	515,8		0,7880	0,8205	0,0065	0,7916	514,6	0,24
	77	208	17,0	465	38,6	450	2,197	500,6		0,7647	0,7744	0,0067	0,7682	485,9	3,01
3с24кв	76	0	13,0	360	31,2	422	2,813	576,6	576,6	1,0000	0,9991	0,0068	1,0045	562,6	2,48
	76	52	14,0	400	32,4	440	2,546	531,3		0,9214	0,9310	0,0067	0,9256	519,7	2,24
	76	104	15,6	420	35,0	452	2,415	519,7		0,9013	0,8723	0,0070	0,9054	484,9	7,17
	76	156	16,0	450	36,0	602	3,010	492,6		0,8543	0,8205	0,0071	0,8582	465,3	5,86
	76	208	17,2	480	38,8	622	2,923	461,6		0,8006	0,7744	0,0070	0,8042	437,8	5,45
4с5кв	47	0	27,6	368	52,1	214	1,097	862,6	862,6	1,0000	0,9991	0,0068	1,0011	839,1	2,80
	47	52	29,0	370	54,1	220	1,109	838,4		0,9719	0,9310	0,0071	0,9731	781,1	7,33
	47	104	31,0	380	56,6	240	1,153	756,4		0,8769	0,8723	0,0068	0,8779	729,3	3,71
	47	156	32,0	393	59,2	255	1,200	681,2		0,7897	0,8205	0,0066	0,7906	683,9	0,40
	47	208	32,8	401	61,0	270	1,252	638,7		0,7404	0,7744	0,0065	0,7413	643,6	0,76
8с119кв	24	0	13,6	447	71,0	460	5,372	586,3	586,3	1,0000	0,9991	0,0068	0,9927	640,3	8,43
	24	52	14,0	457	72,0	480	5,402	569,9		0,9720	0,9310	0,0071	0,9649	597,4	4,60
	24	104	17,8	470	75,8	500	4,530	519,5		0,8861	0,8723	0,0069	0,8796	540,3	3,86
	24	156	20,8	496	77,4	520	3,901	500,4		0,8535	0,8205	0,0071	0,8473	495,6	0,98
	24	208	25,6	521	79,4	556	3,310	452,3		0,7714	0,7744	0,0068	0,7658	456,9	1,01

Таблица 2

Артикул тканей	Содержание полиэфира, %	t, ч	T <sub>о</sub> , текс	Π <sub>о</sub> , нитей / 10см	T <sub>у</sub> , текс	Π <sub>у</sub> , нитей / 10см	$\frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o}$	Q <sub>исп</sub> , Н	Q <sub>исх</sub> , Н	$\frac{Q_{исп}}{Q_{исх}}$	η <sub>1</sub>	η <sub>2</sub>	η <sub>3</sub>	Q <sub>исп</sub> расч, Н	Отклонение, %
8с101кв	100	0	26,0	310	26,0	210	0,677	849,5	849,5	1,0000	1,0129	0,0067	0,9876	918,2	7,48
		3	26,0	310	26,0	210	0,677	819,2		0,9643	0,9262	0,0071	0,9524	889,9	7,95
		6	27,0	310	26,4	214	0,675	751,7		0,8849	0,8463	0,0071	0,8739	814,8	7,74
		9	27,6	315	27,0	220	0,683	680,8		0,8014	0,7722	0,0071	0,7915	738,5	7,81
		12	28,0	333	27,4	240	0,705	654,5		0,7705	0,7031	0,0071	0,7279	661,3	5,32
3с21кв	77	0	13,6	388	33,2	372	2,341	654,6	654,6	1,0000	1,0129	0,0067	0,9926	628,9	4,09
		3	14,0	390	33,6	380	2,338	587,8		0,8980	0,9262	0,0068	0,9113	575,0	4,51
		6	15,0	420	35,4	396	2,225	530,9		0,8110	0,8463	0,0065	0,8050	522,4	1,63
		9	16,0	440	37,6	420	2,243	475,9		0,7270	0,7722	0,0064	0,7217	477,1	0,25
		12	17,2	460	39,2	440	2,180	454,4		0,6942	0,7031	0,0067	0,6891	433,1	4,93
3с24кв	76	0	13,0	360	31,2	422	2,813	576,6	576,6	1,0000	1,0129	0,0067	0,9929	569,4	1,27
		3	14,0	390	32,6	436	2,603	547,1		0,9488	0,9262	0,0070	0,9421	514,0	6,44
		6	15,4	420	35,0	456	2,468	484,0		0,8394	0,8463	0,0068	0,8335	466,0	3,87
		9	16,6	458	37,4	608	2,991	453,8		0,7870	0,7722	0,0069	0,7815	439,0	3,36
		12	17,6	475	39,4	626	2,950	417,7		0,7244	0,7031	0,0070	0,7193	398,7	4,76
4с5кв	47	0	27,6	368	52,1	214	1,097	862,6	862,6	1,0000	1,0129	0,0067	1,0065	823,4	4,76
		3	29,4	377	53,1	220	1,054	807,8		0,9365	0,9262	0,0069	0,9426	758,5	6,50
		6	30,6	380	55,2	244	1,158	725,4		0,8409	0,8463	0,0068	0,8464	682,1	6,36
		9	31,8	390	57,0	250	1,149	647,7		0,7508	0,7722	0,0066	0,7558	623,1	3,95
		12	32,4	400	58,8	268	1,216	594,3		0,6890	0,7031	0,0067	0,6935	563,0	5,56
8с119кв	24	0	13,6	447	71,0	460	5,372	586,3	586,3	1,0000	1,0129	0,0067	1,0407	625,3	6,24
		3	14,8	465	73,6	480	5,133	564,8		0,9633	0,9262	0,0071	1,0026	588,5	4,03
		6	18,2	478	76,0	510	4,455	517,3		0,8823	0,8463	0,0071	0,9182	514,6	0,52
		9	25,1	489	79,2	542	3,499	439,5		0,7496	0,7722	0,0066	0,7801	440,5	0,23
		12	27,2	495	91,9	574	3,921	392,9		0,6701	0,7031	0,0065	0,6973	412,6	4,79

для искусственной светопогоды:

$$\eta_2 = f(n) = \frac{n}{142,500n - 246,030}, \quad (10)$$

$$\eta_1 = f(s) = -1,021 \ln(s + 33,857) + 4,609, \quad (9)$$

$$\eta_3 = f\left(\frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o}\right) = \frac{\frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o}}{5,540 \ln\left(\frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o} + 2,678\right) - 5,987}. \quad (11)$$

На основании вышеизложенного окончательные формулы для расчета разрывной нагрузки тканей ведомственного назначения для естественной светопогоды:

значения после действия светопогоды примут вид:

$$Q_{ЕСП} = 167,782 Q_{исх} \left(-0,431 \ln(s + 303,890) + 3,463\right) \times \left(\frac{n}{148,250n - 60,729}\right) \left(\frac{\frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o}}{9,940 \ln\left(\frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o} + 6,640\right) - 19,051}\right), \quad (12)$$

Формула (12) справедлива для  $0 \leq t \leq 208$ ,  $24 \leq n \leq 100$  и  $0,677 \leq \frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o} \leq 5,402$ . Отклонение

Для искусственной светопогоды:

$$Q_{св} = 174,165 Q_{исх} \left( -1,021 \ln(t + 33,857) + 4,609 \right) \times \left( \frac{n}{142,500n + 246,03} \right) \left( \frac{\frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o}}{5,540 \ln \left( \frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o} + 2,678 \right) - 5,987} \right). \quad (13)$$

Формула (13) справедлива для  $0 \leq t \leq 12$ ,  $24 \leq n \leq 100$  и  $0,675 \leq \frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o} \leq 5,372$ . Отклонение расчетных значений от экспериментальных не превышает 7,94%.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, используя теорию подобия и анализа размерностей, были получены формулы, позволяющие прогнозировать разрывную нагрузку тканей ведомственного назначения после действия естественной и искусственной светопогоды в зависимости от длительности ее действия, волокнистого состава образцов и параметров их строения.

ние расчетных значений от экспериментальных не превышает 8,43%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 10793–64. Ткани хлопчатобумажные, вискозные и смешанные. Метод определения устойчивости ткани к фотоокислительной деструкции.
2. ГОСТ 3813–72 Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении.
3. Шустов Ю.С. Методы подобия и размерности в текстильной промышленности. – М.: МГТУ, 2002.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения. Поступила 01.12.06.