

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ

А.А. КУЗНЕЦОВ, Д.А. ИВАНЕНКОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,
Витебский государственный технологический университет)

Выносливость является наиболее объективной характеристикой, позволяющей прогнозировать поведение нитей основы в процессе ткачества. Однако практическое использование данного показателя затруднительно, так как требует значительных временных затрат. Для сокращения этих затрат нами предлагается использовать метод имитационного моделирования многоциклового испытания на растяжение.

При разработке имитационной модели усталостного разрушения текстильных нитей при испытании на многократное растяжение была выдвинута гипотеза о том, что разрушение нити происходит при достижении остаточной циклической деформации $\varepsilon_{o,ц}$ некоторого критического значения $\varepsilon_{кр}$.

При использовании вероятностной модели функциональная зависимость остаточной циклической деформации i -го образца нити на соответствующем этапе моделирования может быть представлена в следующем виде [1]:

$$(\varepsilon_{o,ц})_i n_j = (\varepsilon_{кр})_i - [(\varepsilon_{кр})_i - \varepsilon_{0i}] \exp - \frac{G n_i}{n_{cp}}, \quad (1)$$

где $\varepsilon_{o,ц,i}(n_j)$ – текущее значение остаточного циклического удлинения i -й нити после n_j циклов нагружения, %; $\varepsilon_{кр,i}$ – критическое значение остаточного циклического удлинения i -й испытуемой нити, %; ε_{0i} – относительное удлинение, вызванное действием статической нагрузки, %; G – константа модели, имеющая постоянное зна-

чение $G=\ln 2=0,693$; c_i – параметр модели, характеризующий стационарность процесса накопления остаточной циклической деформации i -й нити; $n_{срi}$ – количество циклов нагружения, при котором остаточная циклическая деформация численно равна среднему арифметическому значению параметров ε_{0i} и $\varepsilon_{крi}$, цикл.

В соответствии с эмпирической моделью для i -й испытуемой нити функциональную зависимость остаточной циклической деформации от количества циклов нагружения можно представить в следующем виде:

$$(\varepsilon_{о.ц.})_i(n_j) = \frac{n_j}{a_{0i} + a_{1i}n_j} + a_{2i}, \quad (2)$$

$$a_{0i} = \frac{n_1}{\varepsilon_{1i} - \varepsilon_{0i}}, \quad a_{1i} = \frac{1}{(\varepsilon_{кр})_i - \varepsilon_{0i}}, \quad a_{2i} = \varepsilon_{0i}, \quad (3)$$

где ε_{1i} – относительное удлинение i -й испытуемой нити, измеренное после $n_1 = 20$ циклов нагружения, %.

При этом каждый i -й образец испытуемой нити имеет различные параметры $(\varepsilon_0)_i$, $(\varepsilon_{кр})_i$, $(n_{ср})_i$ и c_i модели (1), либо $(\varepsilon_0)_i$, $(\varepsilon_1)_i$ и $(\varepsilon_{кр})_i$, которые являются переменными случайными величинами, распределенными по задаваемому закону распределения, и характеризуют механические свойства нити при проведении испытаний на многократное растяжение.

Анализ процесса накопления остаточной циклической деформации при проведении многоциклового испытания на растяжение, представленный в [1], указывает, что численное значение $\varepsilon_{кр}$ для всех исследуемых образцов нитей соизмеримо со значением относительного разрывного удлинения ε_p . Следовательно, при проведении имитационного моделирования правомочно допущение $\varepsilon_{кр}=\varepsilon_p$.

На начальном этапе имитационного моделирования генератор случайных чисел (в соответствии с задаваемым законом

распределения) генерирует k (по числу испытуемых нитей):

– случайных значений $(\varepsilon_0)_i$, $(\varepsilon_p)_i$, $(n_{ср})_i$ и c_i при использовании модели (1);

– случайных значений $(\varepsilon_0)_i$, $(\varepsilon_1)_i$ и $(\varepsilon_p)_i$ при использовании модели (2).

Случайные значения генерируемых параметров запоминаются и остаются постоянными в течение всего сеанса моделирования.

Результаты имитационного моделирования представляются в виде массива значений выносливости, анализ которого позволяет определить не только сводные статистические характеристики, но и также представить результаты моделирования в виде гистограммы распределения выносливости.

Далее представлен пример использования имитационной модели с применением эмпирического соотношения (2) для оценки выносливости хлопчатобумажной пряжи $T=50$ текс. Отбор проб, выбор груза предварительного натяжения и определение разрывной нагрузки осуществлялись в соответствии с действующим стандартом. Значение статической нагрузки принималось равным 25% от разрывной нагрузки.

В результате проведенного предварительного эксперимента произведена численная оценка значений – относительного разрывного удлинения: $\varepsilon_p=7,21\%$, $S_{\varepsilon_p}=6,38\%$; относительного удлинения нити, вызванного действием статической нагрузки: $\varepsilon_0=2,48\%$, $S_{\varepsilon_0}=8,12\%$; относительного удлинения нити, измеренного после 20 циклов нагружения: $\varepsilon_1=4,84\%$, $S_{\varepsilon_1}=6,43\%$.

По результатам критериальной оценки законов распределения значений параметров ε_0 , ε_1 и ε_p имитационной модели закон распределения данных показателей был выбран нормальным с 95%-ной доверительной вероятностью.

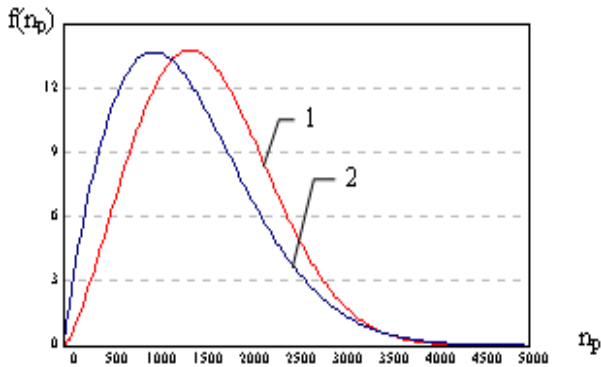


Рис. 1

На рис.1 представлены функции плотности вероятностей значений выносливости для хлопчатобумажной пряжи T=50 текс, полученные в результате проведения экспериментальных исследований

(кривая 1) и в результате имитационного моделирования (кривая 2).

По результатам исследований были получены следующие численные значения показателей усталостных свойств хлопчатобумажной пряжи T=50 текс:

$\bar{n}_p = 1551$ цикл, $\sigma_n = 749$ циклов, $C_{np} = 48,3\%$ – в результате экспериментальной оценки;

$\bar{n}_p = 1418$ циклов, $\sigma_n = 764$ цикла, $C_{np} = 53,9\%$ – в результате проведенного имитационного моделирования процесса усталостного разрушения.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии возможности оценки выносливости хлопчатобумажной пряжи по результатам кратковременных испытаний.

Т а б л и ц а 1

Наименование исследуемых образцов нитей	$\varepsilon_{з.ц}, \%$	Экспериментальные значения выносливости		Прогнозируемые значения выносливости, полученные с использованием			
				модели (1)		модели (2)	
		\bar{n}_p , цикл	$C_{np}, \%$	\bar{n}_p , цикл	$C_{np}, \%$	\bar{n}_p , цикл	$C_{np}, \%$
Хлопчатобумажная пряжа 200 текс	1,6	38600	43,6	43540	38,7	42800	42,3
	2,0	1820	46,5	2010	48,2	1610	51,4
	2,4	186	51,4	114	49,5	121	46,5
Шерстяная пряжа 240 текс	0,8	7200	57,5	6840	58,7	6880	61,4
	1,2	1350	53,4	1090	51,7	980	57,4
	1,6	210	46,7	165	53,8	168	61,6
Нитроновая пряжа 100 текс	1,0	28720	48,6	31540	56,2	24620	51,42
	2,0	710	44,4	610	52,4	540	48,4
	3,0	37	51,8	32	53,7	46	48,7
Смешанная (лен – 50%, полиэфир – 50%) пряжа 52 текс	1,0	42250	42,5	39580	50,4	38900	44,1
	2,0	6420	54,6	5870	51,8	6220	52,7
	3,0	125	47,5	100	56,4	105	42,1

Результаты сравнительного анализа прогнозируемых значений, полученных на основе использования разработанных имитационных моделей (1) и (2), и экспериментальной оценки выносливости текстильных нитей различного сырьевого состава при различных значениях заданной циклической деформации сведены в табл. 1.

Относительная погрешность прогноза выносливости для исследуемых образцов текстильных нитей не превышает 20%, что указывает на сходимость результатов прогноза и возможность практического применения разработанных имитационных моделей (1) и (2) для экспресс-

прогнозирования показателей усталостных свойств текстильных нитей различного сырьевого состава.

В Ы В О Д Ы

На основе проведенных исследований разработаны имитационные модели многоциклового испытания на растяжение текстильных нитей, применение которых позволяет осуществить экспресс-прогноз значений выносливости текстильных нитей различного сырьевого состава.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Кузнецов А.А., Иваненков Д.А.* Апостериорное моделирование процесса усталостного разрушения текстильных нитей при проведении испытаний на многократное растяжение на основе применения основного физического принципа надежности // Вестник Витебского государственного техно-

логического университета. – Витебск, 2005. С.23...27.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 05.04.06.
