

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ К МНОГОЦИКЛОВОМУ ИСТИРАНИЮ

**Д.А. Иваненков**

Проблема разработки экспресс-методов прогнозирования показателей, характеризующих усталостные свойства текстильных нитей при многократном истирании, и, как следствие, снижения временных затрат на проведение испытаний до настоящего времени остается неразрешенной и является актуальной и практически значимой научной задачей.

Для решения задачи экспресс-прогнозирования стойкости текстильных нитей к многоцикловоому истиранию предложено использовать параметрический принцип прогнозирования качества сложных технических систем. Одним из параметров, изменяющимся в результате многоциклового испытания на истирание, является разрывная нагрузка нити [1]. Предположив, что разрушение нити происходит при достижении разрывной нагрузки некоторого критического значения, зависящего от физико-механических свойств нити и условий проведения испытаний, и рассматривая изменение разрывной нагрузки текстильной нити при испытании на многократное истирание как нестационарный процесс Пуассона накопления уровня повреждений, разработана математическая модель взаимосвязи разрывной нагрузки нитей и количества циклов истирания:

$$P_p(n) = P_{кр} + (P_{p0} - P_{кр}) \cdot \exp[-Q^c \cdot n^c], \quad (1)$$

где  $P_p(n)$  – текущее значение разрывной нагрузки после  $n$  циклов истирания, Н;  $P_{p0}$  – величина текущего значения разрывной нагрузки до начала процесса многократного истирания, Н;  $P_{кр}$  – критическая разрывная нагрузка, при достижении которой в результате истирания нить разрушается, Н;  $Q$  – темповый параметр модели, обратно пропорциональный числу циклов нагружения  $n_{cp}$ , при котором текущее значение разрывной нагрузки нити численно равно среднему арифметическому значению параметров  $P_{p0}$  и  $P_{кр}$ , 1/цикл;  $c$  – параметр стационарности процесса накопления уровня повреждений.

Другим подходом теоретического описания процесса изменения разрывной нагрузки при многоцикловоом испытании на истирание является применение основного физического принципа надёжности. Применительно для процесса многоциклового истирания математическая запись данного принципа в дифференциальной форме имеет следующий вид:

$$\frac{dP_p}{dn} = -Q(P_{кр} - P_p(n))^k, \quad (2)$$

где  $Q$  – параметр модели, отражающий темп изменения разрывной нагрузки;  $k$  – параметр модели, принимающий значение 1, 2, ...  $n$ .

На основе использования уравнения (2) была получена следующая математическая модель изменения разрывной нагрузки при испытании на многоцикловоое истирание:

$$P_p(n) = P_{кр} + (P_{p0} - P_{кр}) \cdot \exp[-Q \cdot n] \quad (3)$$

Физический смысл параметров математических моделей (1) и (3) аналогичен. Однако, трудоёмкость определения численных значений параметров разработанных моделей ограничивает их практическое использование. Для исключения данного недостатка разработана эмпирическая математическая модель взаимосвязи разрывной нагрузки и количества циклов истирания, параметры которой могут быть определены по результатам 100 циклов истирания:

$$P_p(n) = b_0 - \frac{n}{b_1 + b_2 \cdot n}, \quad (4)$$

$$b_0 = P_{p0}, \quad b_1 = \frac{n_1}{P_{p0} - P_{p1}}, \quad b_2 = \frac{1}{P_{p0} - P_{кр}}, \quad (5)$$

где  $b_0, b_1, b_2$  – параметры модели, численные значения которых определяются по результатам кратковременного эксперимента (не более 100 циклов истирания),  $P_{p1}$  – разрывная нагрузка нити, измеренная после  $n_1$  циклов нагружения ( $n_1 < 100$ ),  $n$  – количество циклов истирания.

В результате экспериментальных исследований, проводимых с использованием приборов ТКИ-5-27 и ИПП при различных условиях испытаний установлено, что увеличение статической нагрузки, частоты нагружения при постоянном значении угла истирания приводит к уменьшению среднего значения стойкости к истиранию. Характер движения и вид абразива не изменяет общих закономерностей снижения разрывной нагрузки нити при многоцикловом испытании на истирание. Установлено, что разработанные математические модели (1), (3), (4) адекватны результатам эксперимента с доверительной вероятностью 0,95 для различных условий проведения испытаний текстильных нитей различного вида, структуры и сырьевого состава.

Установлено, что для всех исследуемых образцов текстильных нитей численные значения параметра «с» стремятся к 1. Данный факт указывает на стационарность рассматриваемого процесса накопления повреждений (изменения разрывной нагрузки) при многократном истирании.

Численное значение параметров  $P_{p0}$  и  $b_0$  разработанных моделей для всех исследуемых образцов нитей не зависит от условий проведения многоциклового испытания на истирание, а определяется физико-механическими свойствами нитей.

Сравнительный анализ численных значений критической разрывной нагрузки  $P_{кр}$  и величины статической нагрузки  $P_{ст}$  указал на их соизмеримость для всех исследуемых образцов нитей. Темповый параметр  $Q$  разработанных математических моделей (1) и (3) зависит не только от механических свойств и структуры исследуемых нитей, но и от величины статической нагрузки и частоты растяжения. Значение параметра  $P_{p0}$  соизмеримо со значением разрывной нагрузки нити  $P_p$ .

В результате комплекса экспериментальных исследований разработаны эмпирические математические зависимости взаимосвязи условий проведения испытаний и параметров разработанных моделей, применение которых позволяет осуществить прогноз стойкости к истиранию нити при различных режимах проведения многоцикловых испытаний.

В среде «Maple» реализован алгоритм статистической имитационной модели процесса многоциклового испытания на истирание текстильных нитей, в качестве исходных параметров которого выступают количество испытываемых нитей  $k$ , вид и параметры закона распределения следующих параметров, численно определяемых по результатам 100 циклов истирания:

- $P_{p0}, P_{кр}, Q$  и  $c$ , при использовании модели (1);
- $P_{p0}, P_{p1}$  и  $P_{кр}$  при использовании модели (4).

Сущность имитационного моделирования эксперимента заключается в том, что на каждом  $i$ -том этапе, соответствующем одному циклу истирания, определяется разрывная нагрузка нити  $Pp(i)$  с использованием модели (1), (3) или (4). При выполнении условия  $Pp(i) \leq P_{кр}$  нить считается разрушенной, и стойкость к истиранию данной нити соответствует значению  $i$ . Результатами имитационного моделирования является  $k$  значений стойкости к истиранию, анализ которых средствами пакета «Maple» позволяет определить вид закона распределения стойкости к истиранию и сводные статистические характеристики. Некоторые результаты прогнозирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Некоторые результаты прогнозирования стойкости текстильных нитей различного сырьевого состава к истиранию

Наименование исследуемых образцов нитей	Значение статической нагрузки $P_{ст.}, cH$	Экспериментальные значения стойкости к истиранию $\bar{n}_n$ , цикл		Прогнозные значения стойкости к истиранию, полученные с использованием эмпирической модели (4)		Прогнозные значения стойкости к истиранию, полученные с использованием вероятностной модели (1)	
		$\bar{n}_n$ , цикл	Сни, %	$\bar{n}_n$ , цикл	Сни, %	$\bar{n}_n$ , цикл	Сни, %
Хлопчатобумажная пряжа 100 тексх2	140	9247	29,4	10542	33,5	10634	28,5
	275	3984	28,4	4144	32,4	4582	32,7
	410	1454	34,2	1541	36,3	1672	38,3
Хлопчатобумажная пряжа 25 тексх2	30	2340	29,8	2714	34,6	2691	32,8
	60	1120	41,2	1299	47,8	1188	39,1
	90	487	43,2	565	50,1	591	49,7
Шерстяная пряжа 220 текс	140	754	29,4	897	35,0	842	33,8
	275	422	36,4	460	39,7	512	47,7
	410	169	32,4	196	37,6	172	37,3
Шерстяная пряжа 240 текс	55	481	29,7	558	34,5	542	35,3
	110	268	46,2	311	53,6	346	53,1
	165	98	34,5	122	42,8	113	39,7
Нитроновая пряжа 100 текс	55	2340	27,5	2714	31,9	2591	27,0
	110	1120	29,7	1086	28,8	1288	34,2
	165	487	35,4	565	41,1	660	29,7

Относительная погрешность прогноза стойкости к истиранию для исследуемых образцов текстильных нитей не превышает 18%. Учитывая, что закон распределения прогнозируемого показателя отличен от нормального, полученный результат является приемлемым для практического использования.

Разработанные имитационные модели позволили установить закономерности влияния гетерогенности показателей механических свойств на основные статистические характеристики стойкости нитей к многоциклового истиранию. Установлена левая асимметрия кривых распределения стойкости к истиранию, отмеченная другими исследователями в экспериментальных работах, что также

подтверждает правильность выдвинутых предположений при разработке математических моделей. Впервые, с разработкой соответствующей модели прогноза, установлена обратная взаимосвязь между гетерогенностью показателей механических свойств текстильной нити и средним значением стойкости к истиранию.

#### ВЫВОДЫ

В результате теоретического анализа закономерностей изменения прочности текстильных нитей в процессе испытания на многократное истирание разработаны вероятностные и эмпирические математические модели взаимосвязи разрывной нагрузки и количества циклов истирания.

Методами имитационного моделирования процессов усталостного разрушения текстильных нитей показана возможность экспресс-прогнозирования стойкости к истиранию текстильных нитей различного сырьевого состава.

#### Список использованных источников

1. Кукин, Г. Н. Текстильное материаловедение / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев. – Москва : «Легкая индустрия», 1964. – 374 с.

#### SUMMARY

Article is devoted the solution of a problem of express forecasting of textile threads to multicyclic deterioration. As a result of the theoretical analysis of laws of regularity textile threads in the course of test on repeated deterioration and empirical mathematical models of interrelation ruptureth of loading and quantity of cycles deteriorations are developed. Possibility of express forecasting of firmness to deteriorationed textile threads of raw structure is shown by methods of imitating modelling of processes of fatigue failure of textile threads.

УДК 677.08.02.16./022

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА КОМБИНИРОВАННЫХ ВОЛОКНОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

*А.М. Карпеня*

На кафедре ПНХВ УО «ВГТУ» разработана технология получения композиционных материалов с использованием коротковолокнистых отходов в качестве наполнителя.

При формировании многослойных материалов широко применяются различные клеящие составы для соединения слоев и полимеризации композиционных материалов.

Выбор клеящего материала при разработке технологических процессов получения многослойных текстильных материалов зависит от назначения разрабатываемого материала, от свойств соединяемых слоев, от клеящей способности самого адгезива, технологии производства материалов.

Свойства композиционных текстильных материалов существенно зависят от свойств, состава и взаимного расположения компонентов, особенностей межфазной границы, а в некоторых случаях — диффузии компонентов матрицы в структуру волокнистого наполнителя, кроме того, в состав композиционных текстильных материалов могут входить компоненты, придающие новые функциональные свойства: мелкодисперсные наполнители, пигменты, антипирены, отвердители, пластификаторы.

В технологии получения плит ДВП в качестве проклеивающих добавок используются: 6%-ная парафиновая эмульсия и 10%-ный раствор