

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ НИТЕЙ  
ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ ПРИ ТКАЧЕСТВЕ  
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ И АНАЛИЗА РАЗМЕРНОСТЕЙ**

*А.В. ЦЫБИКДОРЖИЕВА, С.С. ЮХИН*

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

Теория подобия – учение об условиях подобия физических явлений. Теория подобия опирается на учение о размерностях физических величин и служит основой физического моделирования. Предметом теории подобия является установление критериев подобия различных физических явлений и изучение с помощью этих критериев свойств самих явлений.

Практические применения теории подобия весьма обширны. Она дает возможность проведения качественно-теоретического анализа и выбора системы определяющих безразмерных параметров сложных физических явлений. Кроме того, теория подобия оказывается полезной при выполнении численных экспериментов в математическом моделировании и интер-

претации его результатов.

Рассмотрим применение теории подобия и анализа размерностей для определения основных физико-механических характеристик нитей, используемых при выработке тканей из различных видов сырья.

Предположим, имеется размерная величина  $a$ , которая является функцией независимых между собой размерных величин:

$$a = f(a_1, a_2, \dots, a_k, a_{k+1}, \dots, a_n). \quad (1)$$

Допустим, что такой величиной является разрывная нагрузка нитей, которую можно представить как сложную модель, так как на нее оказывают влияние многие факторы, и записать ее в виде функциональной зависимости (2) от основных. В

качестве основных факторов, которые влияют на разрывные характеристики нитей, применяются:

$$P_{\text{рн}} = f(P_{\text{вол}}, T_{\text{н}}, k, C), \quad (2)$$

где  $P_{\text{рн}}$  – разрывная нагрузка нити;  $T_{\text{н}}$  –

линейная плотность нити;  $P_{\text{вол}}$  – разрывная нагрузка волокна;  $k$  – крутка нитей;  $C$  – коэффициент, характеризующий сырьевой состав нити.

Представим приведенные факторы через основные единицы измерения (табл.1).

Т а б л и ц а 1

Обозначение переменной $x_i$	Выбранная характеристика	Обозначение характеристик	Формула размерности выбранной характеристики
$x_1$	разрывная нагрузка волокна	$P_{\text{вол}}$	$[M]^1 [L]^1 [T]^{-2}$
$x_2$	линейная плотность нити	$T_{\text{н}}$	$[M]^1 [L]^{-1} [T]^0$
$x_3$	крутка нитей	$k$	$[M]^0 [L]^{-1} [T]^0$
$x_4$	коэффициент, характеризующий сырьевой состав нити	$C$	$[M]^{-\frac{1}{2}} [L]^{\frac{3}{2}} [T]^0$

Далее составим матрицу размерностей для выбранных характеристик, элементами которой будут показатели степеней характеристик, с которыми они входят в формулу размерностей (табл.2).

Т а б л и ц а 2

	$[M]^1$	$[L]^1$	$[T]^{-2}$
$x_1$	1	1	-2
$x_2$	1	-1	0
$x_3$	0	-1	0
$x_4$	$-\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$	0

Составим систему линейных уравнений, используя метод нулевых размерностей, обозначив буквой  $z$  ее числовую составляющую:

$$\begin{cases} z_1 + z_2 - \frac{1}{2}z_4 = 1, \\ z_1 - z_2 - z_3 + \frac{3}{2}z_4 = 1, \\ -2z_1 = -2. \end{cases} \quad (3)$$

После выяснения структуры функции  $f(a_1, a_2, \dots, a_k, a_{k+1}, \dots, a_n)$ , принятия  $k$  независимых величин  $a_1, a_2, \dots, a_k$  за основные и введения для их размерностей обозначения  $A_1, A_2, \dots, A_k$ , выбираем систему единиц измерения таким образом, чтобы  $k$  аргументов функции  $f$  имели фиксированные значения, равные единице.

В этой относительной системе единиц измерения численные значения параметров  $a_1, a_{k+1}, \dots, a_n$  определяются формулами:

$$\begin{aligned} \Pi &= \frac{a}{a_1^{m_1} a_2^{m_2} \dots a_k^{m_k}}, \\ \Pi_1 &= \frac{a_{k+1}}{a_1^{p_1} a_2^{p_2} \dots a_k^{p_k}}, \\ &\dots, \\ &\dots, \\ \Pi_{n-k} &= \frac{a}{a_1^{m_1} a_2^{m_2} \dots a_k^{m_k}}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_k$  – численные значения рассматриваемых явлений в первоначальной системе единиц измерения. Значения  $\Pi, \Pi_1, \Pi_{n-k}$  не зависят от выбора первоначальной системы единиц измерения, так

как имеют нулевую размерность относительно единиц измерения  $A_1, A_2, \dots, A_k$  [1]. Также значения  $\Pi, \Pi_1, \Pi_{n-k}$  не зависят от выбора системы тех единиц измерения, через которые выражаются  $k$  единиц измерения для величин  $a_1, a_2, \dots, a_k$ . Таким образом, их можно рассматривать как безразмерные.

Пользуясь относительной системой единиц измерения, соотношение (1) можно представить в виде:

$$\Pi = f(1, 1, \dots, \Pi_1, \dots, \Pi_{n-k}), \quad (5)$$

Уравнение (1) можно преобразовать с учетом полученных значений  $Z$ :

$$\Pi = x_1^{z_1} x_2^{z_2} x_3^{z_3} x_4^{z_4} = x_1^0 x_2^{\frac{1}{2}z_4} x_3^{z_4} x_4^{2z_2} = (x_2 x_3)^{\frac{3}{2}z_4} \cdot (x_4)^{2z_2}, \quad (6)$$

тогда уравнение (2) для рассматриваемого случая будет иметь вид:

$$\Pi_1 = x_2 x_3, \quad (7)$$

$$\Pi_2 = x_4, \quad (8)$$

Подставляя в уравнения (7) и (8) значения  $x_i$  из табл.1 получаем итоговые уравнения  $\Pi$ -переменных:

$$\Pi_1 = T_n k, \quad (9)$$

$$\Pi_2 = C, \quad (10)$$

Выражение (2) можно представить в виде:

$$P_{рн} = T_n k \cdot C, \quad (11)$$

Полученная комплексная переменная  $\Pi_1 = T_n k$  характеризует структуру нити, так как в нее входят линейная плотность нити, крутка нити.

Полученная комплексная переменная  $\Pi_2 = C$  – характеризует сырьевой состав нити.

## ВЫВОДЫ

1. В результате применения теории подобия и анализа размерностей получена функциональная зависимость разрывной нагрузки нити от ее основных параметров.

2. Анализ полученных данных для каждого вида нитей показывает, что при увеличении  $T_n$  и увеличении  $k$  разрывная нагрузка нитей будет увеличиваться, что способствует улучшению выносливости нитей различного волокнистого состава к многократным нагрузкам при ткачестве.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. – 7 изд. – М., 1972.
2. Кирпичев М.В. Теория подобия. – М., 1953.
3. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. - М.: Легпромбыт-издат, 1989.
4. Николаев С.Д., Сумарукова Р.И., Юхин С.С., Власов П.В. Теория процессов, технология и оборудование подготовительных операций ткачества. - М.: Легпромбыт-издат, 1993.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 09.02.09.