

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ КОЛЬЦЕВОГО СПОСОБА ПРЯДЕНИЯ

Ю.С. ШУСТОВ

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

Основными параметрами, влияющими на разрывную нагрузку пряжи, полученной из однородных волокон, являются [1]:

$$P_{\text{пр}} = f(P_{\text{вол}}, T_{\text{вол}}, L_{\text{шт}}, \rho, K, n), \quad (1)$$

где $P_{\text{пр}}$ – разрывная нагрузка пряжи, Н; $P_{\text{вол}}$ – разрывная нагрузка волокна, сН; $T_{\text{вол}}$ – линейная плотность волокна, текс; $T_{\text{пр}}$ – линейная плотность пряжи, текс; $L_{\text{шт}}$ – штапельная длина волокна, мм; ρ – плотность волокна, мг/мм³; K – крутка пряжи, кр/м; n – число волокон в сечении пряжи ($n = T_{\text{пр}} / T_{\text{вол}}$).

Представим эти параметры через размерности (ГОСТ 8.417 – 81):

$$\begin{aligned} P_{\text{пр}} = P_{\text{вол}} &= [M]^1 [L]^1 [T]^{-2}, \\ T_{\text{пр}} = T_{\text{вол}} &= [M]^1 [L]^1 [T]^0, \\ L &= [M]^0 [L]^1 [T]^0, \\ \rho &= [M]^1 [L]^{-3} [T]^0, \\ K &= [M]^{-1} [L]^0 [T]^0. \end{aligned}$$

В качестве основных параметров принимаем: $P_{\text{вол}}$, T , ρ .

Выбор этих показателей связан с необходимостью соблюдения второго условия подобия [2], то есть система уравнений имеет решение, если составленный из коэффициентов уравнения определитель будет отличен от нуля:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \mu_p & \lambda_p & \tau_p \\ \mu_T & \lambda_T & \tau_T \\ \mu_\rho & \lambda_\rho & \tau_\rho \end{vmatrix} \neq 0.$$

Подставив в соответствующие значения μ_i , λ_i , τ_i величины P , T , ρ , находим

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & -3 & 0 \end{vmatrix} = 4.$$

Следовательно P , T , ρ можно взять в качестве основных параметров.

Для нахождения критериев подобия используем метод нулевых размерностей. Уравнение (1) выразим так:

$$\frac{P_{пр}}{[P_{вол}]^{\alpha_p} [T_{вол}]^{\beta_p} [Q]^{\gamma_p}} = f \left(\frac{1}{[P]^{\alpha_1} [T]^{\beta_1} [Q]^{\gamma_1}} \frac{K}{[P]^{\lambda_K} [T]^{\beta_K} [Q]^{\gamma_K}} \right). \quad (2)$$

Рассмотрим первый комплекс.

$$\begin{aligned} \frac{P_{пр}}{[P_{вол}]^{\alpha_p} [T_{вол}]^{\beta_p} [Q]^{\gamma_p}} &= \frac{[M]^1 [L]^1 [T]^{-2}}{[M]^{\alpha_p} [L]^{\alpha_p} [T]^{\alpha_p} [M]^{\beta_p} [L]^{-\beta_p} [M]^{\gamma_p} [L]^{-3\gamma_p}} = \\ &= [M]^{1-\alpha_p-\beta_p-\gamma_p} [L]^{1-\alpha_p+\beta_p+3\gamma_p} [T]^{-2+2\alpha_p}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$[M] = 1 - \alpha_p - \beta_p - \gamma_p = 0,$$

$$[L] = 1 - \alpha_p + \beta_p + 3\gamma_p = 0,$$

$$[T] = -2 + 2\alpha_p = 0.$$

Решая систему уравнений, получаем $\alpha_p = 1$, $\beta_p = 0$, $\gamma_p = 0$. Подставляя найденные значения в уравнение (3), имеем

$$\frac{P_{пр}}{[P_{вол}]^1 [T_{вол}]^0 [Q]^0} = \frac{P_{пр}}{P_{вол}}. \quad (4)$$

Рассмотрим второй показатель.

$$\begin{aligned} \frac{\ell_{шт}}{[P_{вол}]^{\alpha_1} [T_{вол}]^{\beta_1} [Q]^{\gamma_1}} &= \frac{[L]^1}{[M]^{\alpha_1} [L]^{\alpha_1} [T]^{-2\alpha_1} [M]^{\beta_1} [L]^{-\beta_1} [M]^{\gamma_1} [L]^{-3\gamma_1}} = \\ &= [M]^{-\alpha_1-\beta_1-\gamma_1} [L]^{1-\alpha_1+\beta_1+3\gamma_1} [T]^{2\alpha_1}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$[M] = -\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1 = 0,$$

$$[L] = 1 - \alpha_1 + \beta_1 + 3\gamma_1 = 0,$$

$$[T] = 2\alpha_1 = 0.$$

Решая данную систему уравнений, получаем: $\alpha = 0$, $\beta = 1/2$, $\gamma = -1/2$.

Подставляя найденные значения в (5), имеем

$$\frac{\ell_{шт}}{[P]^0 [T]^{1/2} [Q]^{-1/2}} = \frac{\ell_{шт} \sqrt{Q}}{\sqrt{T}}. \quad (6)$$

Рассмотрим третий показатель.

$$\frac{K}{[P]^{\alpha_k} [T]^{\beta_k} [Q]^{\gamma_k}} = \frac{[L]}{[M]^{\alpha_k} [L]^{\alpha_k} [T]^{-2\alpha_k} [M]^{\beta_k} [L]^{-\beta_k} [M]^{\gamma_k} [L]^{-3\gamma_k}} =$$

$$= [M]^{-\alpha_k - \beta_k - \gamma_k} [L]^{-1 - \alpha_k + \beta_k + 3\gamma_k} [T]^{-2\alpha_k},$$

$$\begin{aligned} [M] &= -\alpha_k - \beta_k - \gamma_k = 0, \\ [L] &= -1 - \alpha_k + \beta_k + 3\gamma_k = 0, \\ [T] &= -2\alpha_k = 0. \end{aligned}$$

Решая систему уравнений, получаем $\alpha_k = 0$, $\beta_k = -1/2$, $\gamma_k = 1/2$.

Подставляя найденные значения в уравнение (7), определяем третий показатель:

$$\frac{K}{[P]^0 [T]^{-1/2} [Q]^{1/2}} = \frac{K\sqrt{T}}{\sqrt{Q}}. \quad (8)$$

После нахождения всех критериев подобия уравнение (1) можно представить в виде

$$P_{пр} = P_{вол} \frac{T_{пр}}{T_{вол}} L_{шт} K. \quad (9)$$

Для уточнения функциональной зависимости (9) на Ногинской прядильной фабрике №2 (Московская область) выработаны образцы хлопчатобумажной пряжи кольцевого способа прядения.

В табл.1 приведены исходные и расчетные данные для определения разрывной нагрузки пряжи.

Таблица 1

$P_{вол}$, сН	$T_{вол}$, текс	$T_{пр}$, текс	$L_{шт}$, мм	K , кр/м	$P_{пр}$ факт, Н	$P_{пр}$ расч, Н	Отклонение от расчетного значения, %
4,6	0,146	9,3	39,5	1163	1,41	1,42	0,7
4,6	0,146	12,5	39,1	1031	1,96	1,92	2,1
4,6	0,146	14,9	38,4	955	2,25	2,29	1,8
4,6	0,146	18,0	34,6	928	2,89	2,78	3,9
	0,146	24,4	33,1	762	3,63	3,81	5,0

В результате использования результатов табл.1 получена аппроксимирующая зависимость

$$P_{пр} = P_{вол} \frac{T_{пр}}{T_{вол}} \frac{KL_{шт}}{(2,12KL_{шт} - 2,67)}. \quad (10)$$

ВЫВОДЫ

На основе теории подобия и анализа размерностей разработана методика, позволяющая найти функциональный вид

зависимости разрывной нагрузки пряжи от исходных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев А.Н. Проектирование свойств пряжи в хлопкопрядильном производстве: Дис. ... докт. техн. наук. – Москва, 1951.
2. Бекман А.А. Введение в теорию подобия. – М.: Высшая школа, 1973.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения. Поступила 23.11.01.