

УДК 677.024.3:677.017.442

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ  
ЖЕСТКОСТИ ТКАНИ ПРИ ИЗГИБЕ**

*Г.Л. СЛОСТИНА, Р.И. СУМАРУКОВА*

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

Известно, что жесткость ткани при изгибе зависит от вида нитей и параметров строения ткани. Жесткость тканей значительно повышается с увеличением их толщины и с уменьшением длины перекрывтий.

Цель работы заключалась в разработке методики оценки жесткости ткани при изгибе без проведения предварительных экспериментов на основе расчета модуля продольной упругости  $E$  и момента инерции  $J$  полоски ткани на основании известного выражения [1]:

$$B = EJ.$$

Предварительными исследованиями показано, что на участках основных нитей, расположенных выше средней линии ткани, основная нить изгибается относительно средней линии ткани, то есть ее поперечное сечение поворачивается относительно средней линии ткани. В этом случае к моменту инерции поперечного сече-

ния следует прибавить произведение площади  $S_0$  поперечного сечения на квадрат расстояния между осями ( $y$  – расстояние от средней линии ткани до оси основной нити, см):

$$J + S_0 y^2 K_T,$$

где  $K_T$  – коэффициент, учитывающий особенности деформации нитей в ткани ( $K_T = 10^{-4}$ ).

На участках основных нитей, расположенных ниже средней линии ткани, нить основы изгибается относительно собственной оси, следовательно, момент инерции не изменяется ( $J_0$ ).

Прогиб  $f_y$  утка происходит из-за прогиба основы. Расстояние от средней линии ткани до оси основной нити можно принять равным половине высоты волны ее изгиба:

$$y = \frac{1}{2} h_0 = \frac{1}{2} \left( \frac{d_{ов} + d_{уб}}{2} K_{h_0} \right) = (d_{ов} + d_{уб}) / 4 K_{h_0}, \quad (1)$$

где  $K_{h_0}$  – коэффициент, определяющий высоту волны изгиба основных нитей в зависимости от порядка фазы  $\Phi$  строения проектируемой ткани:

$$K_{h_0} = \frac{\Phi - 1}{4}. \quad (2)$$

Прогиб  $f_0$  основы можно рассчитать как прогиб консоли по правилам сопромата, принимая длину консоли, равной половине расстояния между центрами нитей утка ( $l_y$ ).

Тогда прогиб основы

$$f_0 = P(l_y / 2)^3 / 3E_0 J_0, \text{ см}, \quad (3)$$

где  $P$  – сила взаимодействия нитей, сН.

Прогиб утка рассчитаем как прогиб балки на двух опорах, нагруженной посередине:

$$f_y = (Pl_0^3) / 48E_y J_y, \text{ см.} \quad (4)$$

Поскольку прогибы равны, то

$$P(l_y / 2)^3 / 3E_o J_o = Pl_0^3 / 48E_y J_y. \quad (5)$$

$$B_{\text{тк}} = N_o \{ [E_o (J_o + S_o y^2 K_T) \sum l_B / L + J_o \sum l_H / L] + 2 \cdot 10^{-3} (l_y / l_o) E_y J_y t_o \}, \quad (7)$$

где  $N_o$  – число основных нитей в полоске ткани;  $L$  – длина полоски ткани, см  $L=7\text{см}$  [1];  $\sum l_B, \sum l_H$  – суммарная длина участков одной основной нити, расположенных выше (ниже) средней линии ткани;  $t_o$  – число переходов одной основной нити через среднюю линию ткани на длине полоски.

Для проведения ориентировочных расчетов можно принять:

$$\sum l_B = \sum l_H = 1/2L = \frac{100 \cdot L}{2(100 - a)}, \quad (8)$$

где  $a$  – уработка нитей, %.

С целью расчета момента инерции  $J_H$  нитей их поперечные сечения в ткани представим в виде прямоугольника и двух полукругов.

Для принятого вида сечения момент инерции определим с помощью выражения:

$$J_H = \pi d_B^4 / 64 + l d_B^3 / 12, \quad (9)$$

где  $d_B$  – вертикальный диаметр нити в ткани, равный высоте прямоугольника и диаметру полукругов в сечении нити, см;  $l$  – длина прямоугольной части в поперечном сечении нити, см.

Площадь поперечного сечения нити в ткани будет равна сумме площадей прямоугольника и двух полукругов:

Из данного уравнения получаем жесткость утка, приведенную к основе с учетом данных предварительного эксперимента:

$$E_o J_o = 2 \cdot 10^{-3} (l_y / l_o)^3 E_y J_y. \quad (6)$$

Для определения жесткости  $B_{\text{тк}}$  ткани суммируем жесткости нитей в полоске. При этом учтем суммарную длину участков нити, создающих разную жесткость при изгибе ткани:

$$S_{\text{н.тк}} = d_B l + \pi d_B^2 / 4. \quad (10)$$

В процессе ткачества площадь нити уменьшается, что учитывается коэффициентом  $\tau$ .

Следовательно,

$$S_{\text{н.тк}} = \tau S_{\text{н.пак}} = \tau (\pi d_H^2 / 4), \quad (11)$$

где  $S_{\text{н.пак}}, d_H$  – площадь, диаметр нити на паковке, то есть до ткачества.

Из уравнения для определения площади поперечного сечения нитей в ткани находим величину  $l$ :

$$l = \pi / 4 d_B (\tau d_H^2 - d_B^2). \quad (12)$$

Тогда выражение для определения момента инерции принимает вид:

$$J_H = 0,05 K_H d_H^4 \eta_B^2 (4\tau - \eta_B^2) / 3, \quad (13)$$

где  $\eta_B$  – коэффициент смятия нити в вертикальном направлении;  $K_H$  – коэффициент, учитывающий особенности структуры нити.

На основании исследований [2] установлено, что для большинства тканей  $\eta_B$  находится в пределах от 0,55 до 0,9,  $\tau=0,8 \div 0,98$ .

Представим формулу для определения момента инерции в удобном для расчета виде:

$$J_H = 5 \cdot 10^4 d_H^4 \eta_B^2. \quad (14)$$

Таким образом, расчет жесткости ткани при изгибе по формуле (7) производится на основе следующих проектных данных: вид и линейная плотность основных и уточных нитей, переплетение, порядок фазы строения ткани, плотность по основе и утку.

Приведем пример расчета, где вид нитей: основа – вискозные комплексные нити:  $T_o=13,3$  текс; уток – хлопчатобумажная

пряжа:  $T_y=18,5$  текс;  $P_o = 72$  нитей/см;  $P_y = 24$  нитей/см.

Порядок фазы строения:  $\Phi=7$ ;

$$K_{h_o} = \frac{\Phi - 1}{4} = 1,5; \quad K_{h_y} = \frac{9 - \Phi}{4} = 0,5;$$

$d_o=0,125$  мм;  $d_y=0,170$  мм;  $S_o=0,0123$  мм<sup>2</sup>;  $S_y=0,0227$  мм<sup>2</sup>;  $\eta_{об}=1,1$ ;  $\eta_{ув}=0,7$ .

Переплетение – атлас 8/3.

Число нитей в полоске ткани шириной 3 см:  $N_o=216$ ;  $N_y=72$ . Число переходов нити через среднюю линию ткани на длине  $L=7$  см:  $t_o=42$ ;  $t_y=126$ . Начальный модуль упругости, кг/мм<sup>2</sup>:  $E_o=300$ ;  $E_y=150$ .

Уработка нитей:  $a_o = 6\%$ ,  $a_y = 3\%$ .

$$d_p = \frac{d_o \eta_{об} + d_y \eta_{ув}}{2} = 0,128 \text{ мм.}$$

$$h_o = d_p K_{h_o} = 0,192 \text{ мм; } h_y = d_p K_{h_y} = 0,064 \text{ мм.}$$

Расстояние от средней линии ткани до центра нитей:

$$\text{основных } y_o = \frac{1}{2} h_o = 0,096 \text{ мм;}$$

$$\text{уточных } y_y = \frac{1}{2} (h_o - h_y) = 0,032 \text{ мм.}$$

Момент инерции нити:  $J_o = 0,05 \cdot 0,125^4 \cdot 1,1^2 \cdot 0,01 = 147 \cdot 10^{-9}$  (мм<sup>4</sup>),  $J_y = 205 \cdot 10^{-9}$  (мм<sup>4</sup>).

Длина нити:  $L_o = 74,5$  мм;  $L_y = 72$  мм.

$$\sum l_B = \sum l_H = \frac{1}{2} L_o = 37,25 \text{ мм;}$$

$$\sum l_{ув} = \sum l_{уH} = \frac{1}{2} L_y = 36 \text{ мм.}$$

Расстояние между нитями  $l = \frac{1}{p}$ ;

$$l_o = 0,139 \text{ мм; } l_y = 0,417 \text{ мм.}$$

$$B_o = 0,01577 \text{ кг} \cdot \text{мм}^2 = 1577 \text{ мк} \cdot \text{Н} \cdot \text{см}^2 = 157,7 \text{ мг} \cdot \text{см}^2;$$

$$B_y = 0,00382 \text{ кг} \cdot \text{мм}^2 = 382 \text{ мк} \cdot \text{Н} \cdot \text{см}^2 = 38,2 \text{ мг} \cdot \text{см}^2.$$

## ВЫВОДЫ

Разработана методика оценки жесткости ткани при изгибе без предварительных испытаний, в которой учтены основные параметры строения и расположения нитей в ткани.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кобляков А.И. и др. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению. – М., 1986.
2. Мартынова А.А. и др. Строение и проектирование тканей. – М., 1999.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 25.11.02.