

ОСОБЕННОСТИ И НЕКОТОРЫЕ ПАРАМЕТРЫ СТРОЕНИЯ КРОМКИ ТКАНИ, СФОРМИРОВАННОЙ СПОСОБОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИТЕЙ ОСНОВЫ МЕЖДУ СОБОЙ

Т.Ю.КАРЕВА, И.В.СИНИЦЫНА, А.В.СИНИЦЫН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Известно, что в процессе ткачества и отделки кромки ткани испытывают большое напряжение, поэтому их усиливают. Как правило, это достигается путем увеличения плотности ткани в кромках по основе или утку [1]. Однако увеличение плотности ведет к утолщению кромки относительно фона, что уменьшает полезную ширину ткани.

Использование в качестве кромочных – нитей основы, взаимодействующих между собой (согласно способу [2]), позволит значительно увеличить полезную ширину ткани и получать кромку с практически не раздвигаемыми нитями.

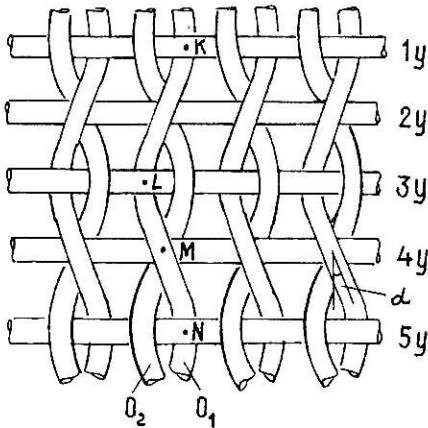


Рис. 1

На рис. 1 представлено взаимодействие кромочных нитей основы между собой и их переплетение с нитями утка.

Как видно из рисунка, нити основы O1 и O2 имеют одинаковый характер переплетения с нитями утка. Можно сказать, что переплетение нити O1 является негативом переплетения нити O2, поэтому в дальнейших исследованиях будем рассматривать одну из нитей, например, нить O1.

Раппорт переплетения кромочных нитей с нитями утка (рис.1), равный четырем прокидкам, можно разделить на два участка, а кривую изгиба основной нити O1 – соответственно на участки KL и LMN, симметричные относительно оси третьей уточной нити (3у на рис.1).

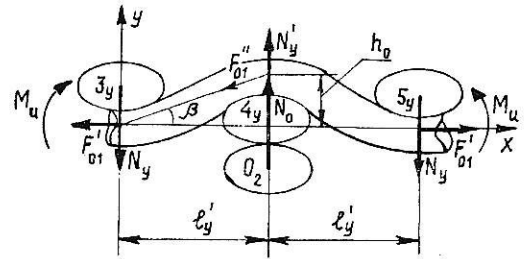


Рис. 2

Определим высоту волны изгиба нити основы согласно линейной теории изгиба. Для этого достаточно рассмотреть один участок кривой изгиба нити O1, например, LMN. На рис.2 представлена геометрическая модель строения кромки вдоль нити O1 с изображением действующих на нить сил и моментов.

Основное дифференциальное уравнение изгиба нити O1 будет иметь следующий вид:

$$E_o J_o y_1'' = F'_{01} y - N_y x + M_u, \quad (1)$$

где E_o – модуль упругости нити основы, МПа; J_o – момент инерции сечения нити основы, мм⁴; F'_{01} – натяжение нитей основы, Н; $F_{01} = \frac{F_o}{\cos \alpha}$; F_o – заправочное натяжение нитей основы, Н; α – угол наклона осевой линии нити основы к вертикальной линии движения ткани (рис.1):

$$\alpha = \arctg\left(\frac{d_o + d_y}{2\ell_y}\right); \quad \ell_y = \frac{100}{P_y}; \quad P_y - \text{плот-}$$

ность ткани по утку в зоне формирования, нитей/дм; N_y – сила нормального давления нитей утка в месте изменения направления расположения нити основы, Н; $M_{и}$ – изгибающий момент, Н·мм.

Ход решения уравнения (1) известен [3], поэтому полностью мы его не приводим. Общее решение уравнения (1) имеет вид:

$$y_I = \frac{1}{F'_{o1}}(N_y x - M_{и}) + C_1 e^{Ax} + C_2 e^{-Ax}, \quad (2)$$

где

$$A = \sqrt{\frac{F'_{o1}}{E_o J_o}}.$$

Тогда:

$$y'_I = \frac{N_y}{F'_{o1}} + AC_1 e^{Ax} - AC_2 e^{-Ax}, \quad (3)$$

$$y''_I = A^2 C_1 e^{Ax} + A^2 C_2 e^{-Ax}. \quad (4)$$

Определим согласно рис.2 постоянные C_1 и C_2 и изгибающий момент $M_{и}$ из граничных условий ($y=0, x=0$; $y'=0, x=0$) и дополнительного условия $y'=0, x=\ell'_y$.

При $y=0, x=0$ уравнение (1) примет вид:

$$0 = \frac{1}{F'_{o1}}(N_y \cdot 0 - M_{и}) + C_1 e^{A \cdot 0} + C_2 e^{-A \cdot 0} = \frac{M_{и}}{F'_{o1}} + C_1 + C_2, \quad (5)$$

$$\frac{M_{и}}{F'_{o1}} = C_1 + C_2.$$

Из (5) имеем:

$$C_1 = \frac{M_{и}}{F'_{o1}} - C_2, \quad (6)$$

$$C_2 = \frac{M_{и}}{F'_{o1}} - C_1. \quad (7)$$

При $y'=0, x=0$ уравнение (3) примет вид:

$$0 = \frac{N_y}{F'_{o1}} + AC_1 e^{A \cdot 0} - AC_2 e^{-A \cdot 0} = \frac{N_y}{F'_{o1}} + A(C_1 - C_2),$$

$$C_1 = C_2 - \frac{N_y}{AF'_{o1}}, \quad (8)$$

$$C_2 = C_1 + \frac{N_y}{AF'_{o1}}. \quad (9)$$

Приравнявая (6) и (8), а также (7) и (9), получим выражения для определения постоянных интегрирования C_1 и C_2 :

$$C_1 = \frac{1}{2F'_{o1}}\left(M_{и} - \frac{N_y}{A}\right), \quad (10)$$

$$C_2 = \frac{1}{2F'_{o1}}\left(M_{и} + \frac{N_y}{A}\right). \quad (11)$$

При $y'=0, x=\ell'_y$ уравнение (3) примет вид:

$$0 = \frac{N_y}{F'_{o1}} + AC_1 e^{A\ell'_y} - AC_2 e^{-A\ell'_y}, \quad (12)$$

где $\ell'_y = \ell_y / \cos \alpha = 100 / (P_y \cos \alpha)$.

Подставив (8) в (12), получим

$$0 = \frac{N_y}{F'_{o1}} + A e^{A\ell'_y} \left(C_2 - \frac{N_y}{AF'_{o1}} \right) - AC_2 e^{-A\ell'_y},$$

$$C_2 = \frac{N_y (e^{A\ell'_y} - 1)}{2F'_{o1} A \operatorname{sh}(A\ell'_y)}. \quad (13)$$

Подставив (13) в (8), получим выражение для определения постоянной интегрирования C_1 :

$$C_1 = \frac{N_y (e^{A\ell'_y} - 1)}{2F'_{o1} A \operatorname{sh}(A\ell'_y)} - \frac{N_y}{AF'_{o1}} = \frac{N_y (e^{-A\ell'_y} - 1)}{2F'_{o1} A \operatorname{sh}(A\ell'_y)}. \quad (14)$$

Для определения $M_{и}$ приравняем выражения (13) и (11):

$$\frac{1}{2F'_{01}} \left(M_{и} + \frac{N_y}{A} \right) = \frac{N_y (e^{Al'_y} - 1)}{2F'_{01} \text{Ash}(Al'_y)}, \quad (15)$$

$$M_{и} = \frac{N_y (\text{ch}(Al'_y) - 1)}{\text{Ash}(Al'_y)}.$$

Подставив в уравнение (2) формулы (13)...(15), при значении $x = \ell'_y$ получим формулу для определения высоты волны изгиба нити основы O_1 :

$$y_I = h_o = \frac{1}{F'_{01}} \left(N_y \ell'_y - \frac{N_y (\text{ch}(Al'_y) - 1)}{\text{Ash}(Al'_y)} \right) + \frac{N_y (e^{-Al'_y} - 1)}{2F'_{01} \text{Ash}(Al'_y)} e^{Al'_y} + \frac{N_y (e^{Al'_y} - 1)}{2F'_{01} \text{Ash}(Al'_y)} e^{-Al'_y},$$

$$h_o = \frac{N_y}{F'_{01}} \left(\ell'_y + \frac{2(1 - \text{ch}(Al'_y))}{\text{Ash}(Al'_y)} \right). \quad (16)$$

Выразим, с некоторым допущением, силу, действующую в точке L на основную нить O_1 со стороны уточной нити $3y$.

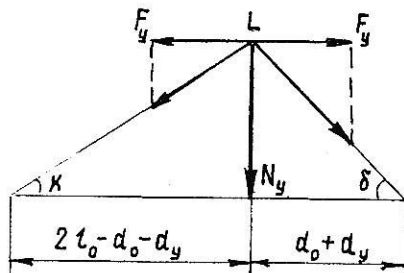


Рис. 3

Согласно рис.3 и рис.1:

$$N_y = F_y h_y \left(\frac{1}{2\ell'_o - d_o - d_y} + \frac{1}{d_o + d_y} \right). \quad (17)$$

Определим высоту волны изгиба нитей утка. Как видно из рис. 1, в раппорте переплетения по утку нити изгибаются по-разному.

Вследствие равенства натяжения нитей O_1 и O_2 , а также характера их взаимодействия с нитями утка силы нормального давления N_{o1} и N_{o2} равны между собой и все четные (согласно рис.1) уточные нити практически не изгибаются, то есть $h_{учетн} \approx 0$.

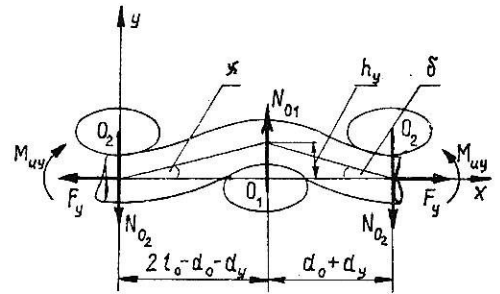


Рис. 4

Определим высоту волны изгиба нечетных нитей утка на примере третьей уточной нити ($3y$ на рис.1). Согласно рис.4 основное дифференциальное уравнение изгиба нити $3y$ будет иметь следующий вид:

$$E_y J_y y''_I = F_y y - N_{O2} x + M_{иу}, \quad (18)$$

где E_y – модуль упругости нити утка, МПа; J_y – момент инерции сечения нити утка, мм^4 ; F_y – натяжение нитей утка, Н; $M_{иу}$ – изгибающий момент, Н·мм; N_{O2} – сила нормального давления нити O_2 на нить утка $3y$, Н.

Общее решение уравнения (18) имеет вид:

$$y = \frac{1}{F_y} (N_{O2} x - M_{иу}) + C'_1 e^{Bx} + C'_2 e^{-Bx}, \quad (19)$$

где

$$B = \sqrt{\frac{F_y}{E_y J_y}}.$$

Выполнив необходимые преобразования и определив постоянные интегрирования C'_1 и C'_2 , а также $M_{иу}$, согласно представленной в [3] методике получили следующее выражение для определения высоты волны изгиба нити $3y$:

$$h_{\text{унечетн}} = \frac{2N_{O2}}{F_y} \left(\ell_o - \frac{d_o + d_y}{2} + \frac{(1 - \text{ch}(B(2\ell_o - d_o - d_y)))}{\text{Bsh}(B(2\ell_o - d_o - d_y))} \right), \quad (20)$$

где $\ell_o = 100/P_o$; P_o – плотность расположения нитей основы в кромке ткани в зоне формирования, нитей/дм. Определим силу, действующую на уточную нить $3y$ со стороны нити основы $O1$ в точке L . Согласно рис.2 и рис.1:

$$N_{O1} = 2F'_{O1} \sin\beta = \frac{2F'_{O1}}{\cos\beta} \sin\beta = 2F'_{O1} \text{tg}\beta. \quad (21)$$

Так как $\text{tg}\beta = \frac{h_o}{\ell'_y}$, то выражение (21)

примет вид:

$$N_{O1} = \frac{2F'_{O1} h_o}{\ell'_y}. \quad (22)$$

Подставив в (20) выражение (22), получим

$$h_{\text{унечетн}} = \frac{4F'_{O1} h_o}{\ell'_y F_y} \left(\ell_o - \frac{d_o + d_y}{2} + \frac{(1 - \text{ch}(B(2\ell_o - d_o - d_y)))}{\text{Bsh}(B(2\ell_o - d_o - d_y))} \right). \quad (23)$$

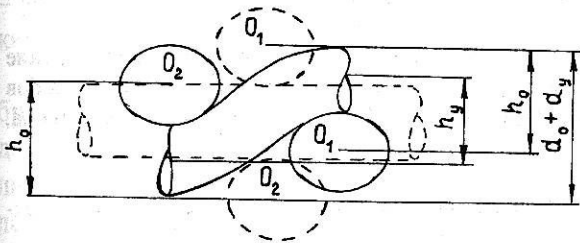


Рис. 5

Анализируя взаимное расположение нитей основы и утка между собой (рис.5) и принимая во внимание равенство высот волн изгиба нитей основы $O1$ и $O2$, получим соотношение:

$$2(d_o + d_y) = 2h_o + h_y. \quad (24)$$

Подставим в (24) выражение (23):

$$2(d_o + d_y) = 2h_o + \frac{4F'_{O1} h_o}{\ell'_y F_y} \left(\ell_o - \frac{d_o + d_y}{2} + \frac{(1 - \text{ch}(B(2\ell_o - d_o - d_y)))}{\text{Bsh}(B(2\ell_o - d_o - d_y))} \right).$$

Тогда формула для определения высо-

ты волны нитей основы примет вид:

$$h_o = (d_o + d_y) / \left(1 + \frac{2F'_{O1} h_o}{\ell'_y F_y} \left(\ell_o - \frac{d_o + d_y}{2} + \frac{(1 - \text{ch}(B(2\ell_o - d_o - d_y)))}{\text{Bsh}(B(2\ell_o - d_o - d_y))} \right) \right). \quad (25)$$

Подставив (25) в (24), получим выражение для определения высоты волны

изгиба нечетных нитей утка:

$$h_{\text{унечетн}} = 2(d_o + d_y) \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{2F'_{O1} h_o}{\ell'_y F_y} \left(\ell_o - \frac{d_o + d_y}{2} + \frac{(1 - \text{ch}(B(2\ell_o - d_o - d_y)))}{\text{Bsh}(B(2\ell_o - d_o - d_y))} \right)} \right). \quad (26)$$

Подставив (26) в (17) и (25) в (22), получим уравнения для определения сил нормального давления нечетных нитей утка на нити основы (N_y) и нитей основы на нечетные нити утка (N_{o2}).

В табл. 1 представлены результаты расчетов высот волн изгиба и уработок нитей основы и утка в кромке при заданных параметрах. Расчеты выполнены с использованием электронной таблицы EXCEL.

Таблица 1

$P_o = 200$ нитей/дм	$\ell_o = 0,5$ мм	$T_o = 29$ текс	$d_o = 0,213$ мм		$F_o = 1,1$ Н
$P_y = 200$ нитей/дм	$\ell_y = 0,5$ мм	$T_y = 29$ текс	$d_y = 0,213$ мм		$F_y = 0,8$ Н
$\ell'_y = 0,543$ мм		$A = 2,98$ 1/мм $B = 3,39$ 1/мм	$\alpha = 0,402$ рад		$H_o = 0,1$ Н·мм ² $H_y = 0,07$ Н·мм ²
Высота волны изгиба	по основе	$h_o = 0,31$ мм	уработка	основы	$a_o = 20,2328$ %
	по утку	$h_y = 0,23$ мм		утка	$a_y = 8,91476$ %

ВЫВОДЫ

Полученные выражения (25) и (26) позволяют прогнозировать величину высоты волны изгиба, а следовательно, и уработку нитей основы и утка в кромке ткани, сформированной способом взаимодействия нитей основы между собой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынова А.А., Слостина Г.Л., Власова Н.А. Строение и проектирование тканей. – М.: РИО МГТА, 1999.
2. Способ получения ткани на ткацком станке. Патент №2096543 РФ, МКИ D03 D 19/00, 23/00. – Оpubл. 1997. Бюл. №32.
3. Карева Т.Ю., Николаев С.Д. Исследование параметров строения тканей различных способов формирования. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных изделий. Поступила 07.02.05.