

УДК 677. 024.1

СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ ПРОФИЛЯ НИТИ В ТКАНИ*

А. П. ГРЕЧУХИН, В. Ю. СЕЛИВЕРСТОВ

(Костромской государственный технологический университет)

E-mail: info@kstu.edu.ru

Предложено описание формы нити в ткани с помощью кусочно-непрерывной функции (приняв, что кривая, задающая форму нити, огибает контур сечения пересекающей ее нити, между пересечениями нить прямая и сопрягается с огибаемым контуром по касательной к нему).

The description of a thread form in a fabric by means of piecewise-continuous function (accepting that the curve, setting the form of a thread, bends around a section contour of a thread crossing it, between crossings the thread is a straight line and is interfaced to a bent around contour on a tangent to it) is offered.

Ключевые слова: ткань, геометрическая модель нити, кусочно-непрерывная функция, строение ткани.

Определение геометрических характеристик нити в ткани является одной из наиболее важных задач при проектировании, исследовании и моделировании свойств ткани.

Существует множество работ, посвященных решению задачи описания геометрии нити в ткани. Наиболее успешные ре-

зультаты получены в работах наших ученых и ряда зарубежных авторов [1...9]. В [1] предложено использовать ряд Фурье для определения геометрических характеристик нитей, однако использовать полученные авторами результаты для построения профилей нитей в ткани нельзя, хотя и получены хорошие результаты соответствия

* Работа выполнена по проекту № НК-632П/38(3) в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009 – 2013 годы.

теоретических и экспериментальных данных по определению некоторых геометрических характеристик тканей. В [4] модель нити предложено выполнить в виде дуг окружности, заменив при этом эллипс окружностью для упрощения расчетов. Однако при построении моделей ткани такие упрощения не приведут к упрощению модели нити. Наибольший интерес в настоящее время представляют исследования, проведенные в [6...9]. В работах [8] и [9] получена трехмерная модель строения многослойных тканей любой конфигурации; реализованы возможности прогнозирования многих физических характеристик тканей. Для построения геометрической модели авторы используют сплайн-аппроксимацию [6]. Аппроксимация может приводить к взаимопроникновению нитей, для устранения которого авторами разработан специальный механизм [9], что усложняет модель.

Считаем целесообразным предложить описание формы нити в ткани с помощью кусочно-непрерывной функции (приняв, что кривая, задающая форму нити, огибает контур сечения пересекающей ее нити, между пересечениями нить прямая и соприкасается с огибаемым контуром по касательной к нему [3...5]), несмотря на некоторую критику этого подхода в работах [2], [6]. Такое описание позволяет строить 3-D модели тканей с нитями любой пространственной конфигурации и учитывать изменение размеров поперечного сечения нитей, а также явления бокового изгиба. Особенно важно будет наиболее точно описать геометрию нитей для тканей с переменной плотностью расположения основных и уточных нитей, так как переменная плотность обуславливает различные параметры строения ткани в местах изменения плотности, а структура ткани неоднородна.

Рассмотрим переходный участок нити в ткани. Поперечные сечения нитей будем рассматривать в виде эллипсов (возможно использование любых форм сечений). Большие и малые оси эллипсов зависят от коэффициентов смятия нитей в ткани и определяются по известным зависимостям.

На рис. 1 представлена схема, по которой будем строить профиль нитей (разрез вдоль основы), где q – малая полуось эллипса, по которому строится профиль огибающей нити; u – большая полуось эллипса, по которому строится профиль огибающей нити; w – половина поперечника по вертикали нити утка с учетом смятия; r – половина поперечника по горизонтали нити утка с учетом смятия; ℓ_y – геометрическая плотность по утку; h_0 – высота волны изгиба нити основы; h_y – высота волны изгиба нити утка.

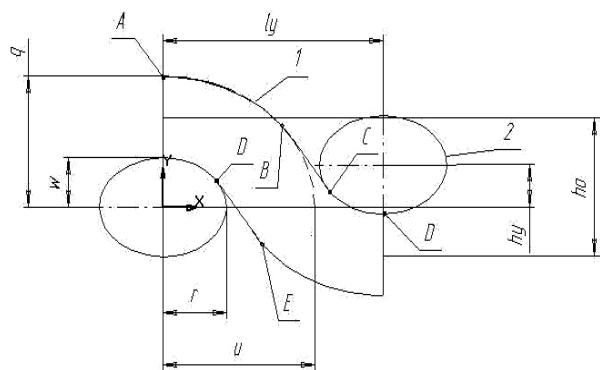


Рис. 1

Причем необходимо, чтобы:

$$q = w + d_{\text{ов}}, \quad u = r + d_{\text{ов}}$$

где $d_{\text{ов}}$ – вертикальный диаметр нити основы, мм.

За начало координат принимаем центр уточной нити (центр эллипса, который описывает сечение уточной нити). Тогда для построения профиля основной нити необходимо построить верхние и нижние границы этого профиля.

Приведем расчет на примере верхней границы профиля нити. Для этого необходимо построить эллипс с центром в начале координат и следующими размерами: по оси x : u , по оси y : w .

Тогда верхняя граница профиля нити будет состоять из трех частей: АВ, ВС, СD (предполагаем, что огибающая нить принимает форму эллипса, прямой, а затем опять эллипса).

Кривая ABCD может быть задана в виде кусочно-непрерывной функции. Для задания этой кривой необходимо определить точки касания касательной BC и эллипсов 1 и 2.

Зададим уравнение части эллипса (1) в виде:

$$y_1(x) = H + q\sqrt{1 - \frac{(x - v)^2}{u^2}}, \quad (1)$$

где $y_1(x)$ – функция, описывающая форму поверхности нити до точки В; H – ордината центра уточной нити; v – абсцисса центра уточной нити.

(Если центр уточной нити расположен в начале координат, то H и v равны 0).

Уравнение сечения уточной нити (2) находится на расстоянии ℓ_y от начала координат:

$$y_2(x) = E - w\sqrt{1 - \frac{(x - \ell_y)^2}{r^2}}, \quad (2)$$

где $y_2(x)$ – функция, описывающая форму поверхности нити после точки D; E – ордината центра уточной нити: $E = h_y - H$.

Угловой коэффициент касательной к эллипсам определится как производная функции y_1 или y_2 в точках касания В и С, то есть:

$$k_1 = y_1'(x_1), \quad k_2 = y_2'(x_2), \quad (3)$$

где x_1 – абсцисса точки В (рис. 1); x_2 – абсцисса точки С; (x_3, x_4 – абсциссы точек D и E соответственно).

Для нахождения параметров x_1, x_2, k, b (свободный член в уравнении прямой BC, для прямой DE – b_1), которые будут задавать кусочно-непрерывную функцию на отрезке ABCD, составим систему уравнений:

$$\begin{cases} y_1'(x_1) = y_2'(x_2), \\ y_1'(x_1)x_1 + b = y_1(x_1), \\ y_2'(x_2)x_2 + b = y_2(x_2). \end{cases} \quad (4)$$

Аналитическое решение системы уравнений затруднительно. Численное решение можно реализовать различными программными средствами. После решения величина k может быть найдена по формулам (3).

Тогда уравнение кусочно-непрерывной функции ($j(x)$), задающей изменение профиля нити (на примере верхней части профиля нити):

$$j(x) = \begin{cases} H + q\sqrt{1 - \frac{(x - v)^2}{u^2}}, & 0 < x \leq x_1, \\ kx + b, & x_1 < x \leq x_2, \\ E - w\sqrt{1 - \frac{(x - \ell_y)^2}{r^2}}, & x_2 < x \leq \ell_y. \end{cases} \quad (5)$$

Покажем расчет геометрии профиля нити для ткани-прототипа полотняного переплетения со следующими характеристиками: $P_y = 225$ нит/10 см; пряжа в основе и утке – хлопчатобумажная 29 текс; $h_y = 0,05$ мм; коэффициент смятия для основы и утка по вертикали – 0,85, по горизонтали – 1,15; коэффициент, учитывающий вид волокнистого состава – 1,25 для основы и утка.

Результат расчета в пакете Mathcad представлен на рис. 2 (разрез ткани-прототипа вдоль основы).

Следует отметить, что сечение нитей по длине может изменяться из-за изменения характера взаимодействия между нитями. Это также можно учесть при построении профиля нити в тканях любых переплетений (это будет важно при построении трехмерной модели ткани).

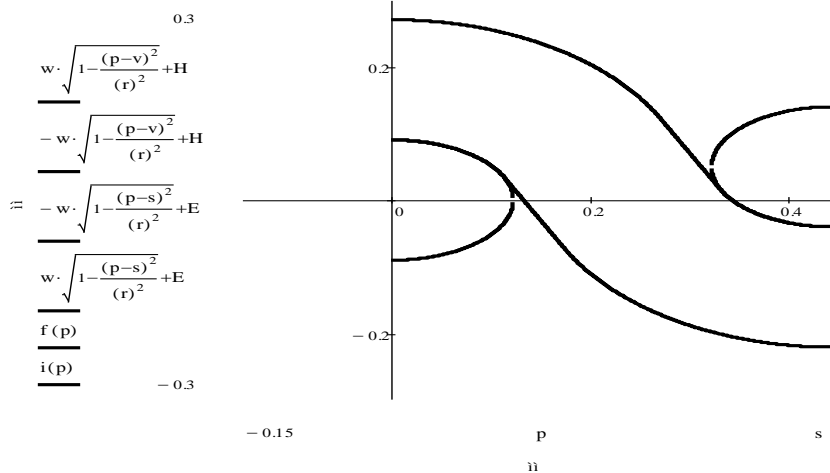


Рис. 2

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика расчета профиля нити в ткани полотняного переплетения с использованием кусочно-непрерывной функции.

2. Получены формулы для построения верхней и нижней части профиля нити, что исключит при построении трехмерной модели ткани появление участков "взаимопроникновения" нитей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов Г.В., Степанов С.Г. Теория строения ткани: Учебное пособие. – Иваново: ИГТА, 2004.

2. Степанов Г.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, № 5. С.45...48.

3. Ефремов Д. Е., Махмуд Биал // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1989, № 2. С.48...51.

4. Чугин В. В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, № 1. С. 45...48; № 3. С. 38...42; № 4. С. 42...46.

5. Ломов С.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 199, № 1. С.41...45; № 2. С.47...50; № 3. С.42...45.

6. Ломов С. В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1990, №6. С.49...52.

7. Ломов С. В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №1. С.50...53; № 3. С.47...49; № 4. С.47...49.

8. Lomov S.V., Gusakov A.V., Huysmans G., Prodromou A., Verpoest I. Textile geometry preprocessor for meso-mechanical models of woven composites // Composites Science and Technology. – Vol. 60, 2000. P. 2083...2095.

9. Lomov S.V., Huysmans G., Verpoest I. Hierarchy of textile structures and architecture of fabrics geometric models // Textile Research Journal. – Vol. 71, № 6, 2001. P. 534...543.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 04.06.10.