

УДК 677. 024

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ НИТИ В ТКАНИ ПОЛОТНЯНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ

RESEARCH OF THE TREAD FORM IN PLAIN WEAVE FABRIC

А. П. ГРЕЧУХИН, В.Ю. СЕЛИВЕРСТОВ
A.P. GRECHUHIN, V.YU. SELIVERSTOV

(Костромской государственный технологический университет)
 (Kostroma State Technological University)
 E-mail: niskstu@yandex.ru

В статье представлен расчет кривой, описывающей форму нити в ткани полотняного переплетения на основе нелинейной теории изгиба. Сопоставлены результаты расчета формы нити в виде кусочно-непрерывной функции с микросрезами ткани и данными, полученными на основе нелинейной теории изгиба.

The paper presents the calculation of the curve describing the thread form in plain weave fabric on the basis of nonlinear theory of bending. The results of calculation of a thread form as a curve-line-curve function with fabric microsections and the data received on the basis of the bend nonlinear theory have been compared.

Ключевые слова: кусочно-непрерывная функция, нелинейная теория изгиба, изгибная жесткость, строение ткани.

Keywords: a curve-line-curve function, a bend nonlinear theory, bending stiffness, fabric structure.

Изучение и моделирование формы нити в ткани имеет практический интерес, так как позволяет прогнозировать все параметры строения ткани. Это обусловлено тем, что форма нити определяет ее длину в элементе ткани, что позволяет прогнозировать все параметры строения ткани и моделировать процессы разрушения тканых материалов, а также визуализировать их структуру [1...4], в том числе получен-

ную с помощью неразрушающих методов исследований [5], [6].

В работах [7], [8] на основе трудов авторов [9...12] предложена система уравнений (1...16 из [7]) для расчета параметров строения тканей на различных этапах формирования на основе нелинейной теории изгиба. Системы уравнений решались нами с помощью разработанного программного обеспечения [8], [13]. На выхо-

де получены параметры строения тканей на различных этапах формирования.

Целью исследований, приведенных в настоящей статье, является расчет формы нити в ткани на основе нелинейной теории изгиба, сопоставление полученных данных с микросрезами тканей и ранее проведенными исследованиями [4], [14], где форма нити в ткани для упрощения расчетов представлялась в виде кусочно-непрерывной функции.

Приведем пример расчета формы нити при ее изгибе (на примере нити основы).

Упрощенная расчетная схема изгиба нити основы в однослойной ткани полотняного переплетения [7], [9...10] представлена на рис. 1.

На рис. 1 обозначены: F_{cp} – горизонтальная составляющая силы, действующей на нить основы; P_0 – равнодействующая сила; N – сила нормального давления нитей основы и утка друг на друга; $L_y/2$ – расстояние между уточинами; $h_0/2$ – половина высоты волны изгиба нити основы в ткани;

M_A – реактивный момент; δ_0 – угол, определяющий направление оси x по отношению к направлению силы P_0 в начальной точке A [12, с. 40]; AB – средняя линия нити основы; C – точка на средней линии нити основы.

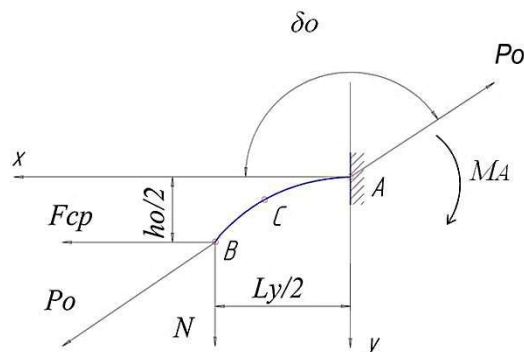


Рис. 1

Согласно [12] система уравнений для расчета формы нити примет следующий вид:

$$\frac{Y}{\ell_0} = \frac{2k(\cos(\varphi_A) - \cos(\varphi_C))}{\sqrt{\frac{P_0 \ell_0^2}{H}}} \cos(\delta_0) - \left(\frac{2 \int_{\varphi_A}^{\varphi_C} \sqrt{1 - k^2 \sin^2(\varphi)} d\varphi}{\sqrt{\frac{P_0 \ell_0^2}{H}}} - \frac{s}{\ell_0} \right) \sin(\delta_0), \quad (1)$$

$$\frac{X}{\ell_0} = \left(\frac{2 \int_{\varphi_A}^{\varphi_C} \sqrt{1 - k^2 \sin^2(\varphi)} d\varphi}{\sqrt{\frac{P_0 \ell_0^2}{H}}} - \frac{s}{\ell_0} \right) \cos(\delta_0) - \frac{2k(\cos(\varphi_A) - \cos(\varphi_C))}{\sqrt{\frac{P_0 \ell_0^2}{H}}} \sin(\delta_0) \quad (2)$$

$$\frac{s}{\ell_0} \sqrt{\frac{P_0 \ell_0^2}{H}} = \int_{\varphi_A}^{\varphi_C} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2(\varphi)}} \quad (3)$$

где ℓ_0 – половина длины нити основы в ткани; φ_A – эллиптическая амплитуда в уравнении упругой линии, описывающей нить основы в точке A ; φ_C – эллиптическая амплитуда в уравнении упругой линии, описывающей нить основы в точке на упругой линии, в которой требуется рассчитать координаты; k – эллиптический модуль в уравнении упругой линии, описывающей нить основы; H_0 – жесткость нитей основы на изгиб; s – длина дуги упругой линии от точки A до точки B ; X – те-

кущая координата по оси абсцисс; Y – текущая координата по оси ординат.

Значения параметров φ_A , k , δ_0 , ℓ_0 , P_0 известны из решения задачи по определению параметров строения ткани [7...10]. Неизвестными параметрами в системе уравнений (1...3) являются: φ_C , s , Y (так как координата X задается). Эти параметры позволяют рассчитать координаты всех точек упругой линии изогнутой нити.

Приведем пример построения средней линии нити в льняной ткани в свободном состоянии (снятой со станка). Натяжение

основной и уточной нити принимали равным нулю. Использовали в основе и в утке льняную пряжу 50 текс, плотность по утку 132 нит/10 см, по основе – 167 нит/10 см. Значения параметров для расчета следующие: $\varphi_A=1,0115$; $k=0,8342$; $\delta_0=\pi/2$; $\ell_0=0,3947$ мм; $P_0 = 0,1376$ Н; $H=0,0251$ Н·мм² (расчеты проводили по методике [7] с использованием программного обеспечения [8], [13]). Результаты расчета представлены на рис. 2 (средняя линия нити в ткани). Пунктирная линия – упругая линия нити, рассчитанная по нелинейной теории изгиба [7...13], сплошная линия – кусочно-непрерывная функция [14].

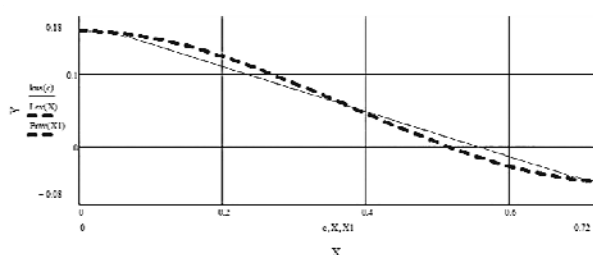
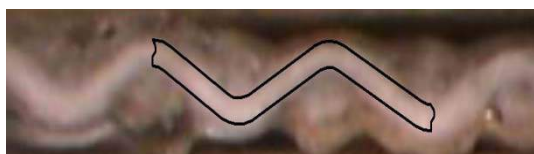


Рис. 2

Длина нити, представленной на рис. 2, составляет 0,7894 мм (для модели по нелинейной теории изгиба – 1 вариант) и 0,7858 мм (для упрощенного представле-



а)

ния нити в ткани – 2 вариант). Разница между длинами нитей составляет около 0,5%. Рассчитаем уработку нитей основы (a_{01} и a_{02}) для обоих вариантов:

$$a_{01} = \frac{0,7894 - 100/132}{0,7894} \cdot 100 \% \approx 4 \%,$$

$$a_{02} = \frac{0,7858 - 100/132}{0,7858} \cdot 100 \% \approx 3,6 \%.$$

Уработка составляет 4 и 3,6% соответственно. Разница составляет 10%. При визуализации структуры ткани такое отклонение несущественно.

На рис. 3-а и б представлены микросрез ткани, кусочно-непрерывная функция (прямая линия на рис. 3-б, обозначена КПК – "кривая-прямая-кривая") и реальный профиль нити в ткани (пунктирная линия на рис. 3-б). Расчет по нелинейной теории изгиба дает более точные результаты. Однако видно, что кусочно-непрерывная функция достаточно точно ложится на профиль нити в ткани. Изогнутость реального профиля нити больше, что подтверждают расчеты, представленные на рис. 2 (форма нити в ткани).

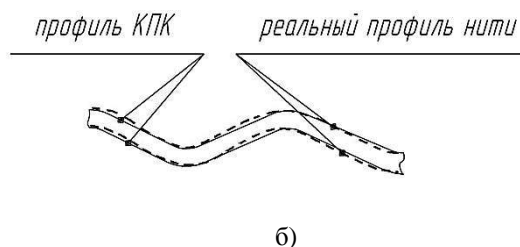


Рис. 3

ВЫВОДЫ

1. Для рассматриваемой ткани длина нити, рассчитанная с использованием нелинейной теории изгиба, отличается по длине от упрощенного представления нити в виде кусочно-непрерывной функции на величину в пределах 0,5% (значения около 0,5% получены и для других рассчитываемых структур тканей). Это дает погрешность при расчете уработки нити в 10 % (максимально полученное нами отклоне-

ние составляло 15 %). При увеличении горизонтального диаметра нити погрешность снижается.

2. Сопоставление микросрезов ткани с рассчитанными кривыми, описывающими профиль нити, заработанной в ткань, показали пригодность использования этих кривых для моделирования строения нити в ткани. Использование кусочно-непрерывной функции значительно проще. Указанную модель целесообразно использовать для визуального моделирования

строения ткани, а также для визуализации структуры ткани, полученную путем неразрушающих исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ломов С. В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, № 1. С. 41...45; № 2. С. 47...50, № 3. С. 42...45.

2. Гречухин А.П., Селиверстов В.Ю. Трехмерная модель формы нити в однослойной ткани полотняного переплетения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 5. С. 62...64.

3. Зайцев Д.В., Гречухин А.П. Компьютерное трехмерное моделирование строения ткани полотняного переплетения на различных этапах формирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 4. С. 85...88.

4. Гречухин А.П., Селиверстов В.Ю. Способ построения границ профиля нити в ткани с переменной плотностью расположения нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 1. С. 46...49.

5. Сокова Г.Г., Бейтина А.А. Неразрушающий метод исследования тканей хроматических цветов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 4.

6. Сокова Г.Г., Бейтина А.А., Осипов А.А. и др. Способ определения параметров переплетения при бесконтактном анализе структуры ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4С.

7. Гречухин А.П., Зайцев Д.В. Совершенствование методики прогнозирования параметров строения ткани полотняного переплетения на основе нелинейной теории изгиба // Научный вестник

Костромского государственного технологического университета [электронный ресурс], <http://vestnik.kstu.edu.ru/>, 12 С.

8. Зайцев Д.В., Гречухин А.П. Реализация метода расчета параметров строения ткани полотняного переплетения на основе нелинейной теории изгиба // Научн. тр. молодых ученых КГТУ. – Кострома: КГТУ, 2012, вып. 13. С. 42...46.

9. Мельяченко Ж.В., Николаев С.Д. Взаимосвязь технологических параметров ткачества и параметров строения вырабатываемых тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991, № 1. С. 47...50.

10. Николаев С. Д., Ковалева О.В., Ликучева А.А. и др. Проектирование технологии тканей заданного строения: Монография. – М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2007.

11. Егоров Н.В., Щербаков В.П. Новый метод расчета жесткости нити при изгибе // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 5. С. 23...27.

12. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней. – М. : Наука. Гл. ред. физ. - мат. лит, 1986.

13. Зайцев Д.В., Гречухин А.П. Расчет параметров строения тканей полотняного переплетения на основе нелинейной теории изгиба. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2012612560 от 11.03.2012.

14. Гречухин А.П., Селиверстов В.Ю. Способ построения профиля нити в ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 5. С. 52...55.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 30.02.13.