

УДК 677.075

**ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА КУЛИРНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ**

**THE EVALUATION OF SOME GEOMETRICAL PARAMETERS
OF KNITTED FABRIC WEAVE ANY PLAIN STITCH TEXTURES**

Л.А. КАМИНСКАЯ, И.В. ЗЕМЛЯКОВА, И.Л. ВЕРНЯЕВА
L.A. KAMINSKAYA, I.V. ZEMLYAKOVA, I.L. VERNYAEVA

(Костромской государственной технологической университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: math@kstu.edu.ru

Предложено математическое описание петли трикотажного полотна кулирного переплетения, в котором осевая линия нити петли описывается кусочно-кубическим сплайном. Обоснована возможность применения неразрушающего метода определения длины нити в каждой петле для трикотажных полотен любых кулирных переплетений. Предложена методика оценки неравномерности петельной структуры трикотажного полотна, позволяющая выявить участки полотна с дефектами петельной структуры. Определены условия, при которых для расчета длины нити в петле можно использовать плоскую математическую модель.

The mathematical description of knitted fabric loop where thread axis line described by piecewise cubic spline. We had justified possibility to use non-destructive method to determining length of the thread loop for any plain stitches in knitted fabrics. This method can estimate the irregularity of knitted fabric stitch structure to find defect areas. We found conditions to calculate thread loop length with a plane mathematical model.

Ключевые слова: трикотажные полотна, кулирное переплетение, математическое описание, интерполяционный полином, кусочно-кубический сплайн, узлы интерполяции, осевая линия нити, длина нити в петле, относительная погрешность.

Keywords: knitted fabrics, plain stitch, mathematical model, polynomial interpolation, piecewise cubic spline, thread axis line, relative error.

Совершенствованию процесса проектирования трикотажа в современных условиях уделяется большое внимание. За последние годы значительный вклад в решение данной проблемы внесли Г.И. Дроздова, Л.Ф. Немирова, В.Р. Крутикова, Е.А. Борисова, О.В. Стенюгина, А.Г. Березкин, Л.А. Кудрявин и другие российские ученые. Работы посвящены исследованиям петельной структуры, разработке моделей геометрического подобия структуры, автоматизированному проектированию и применению компьютерных технологий для определения характеристик структуры и свойств трикотажных полотен переплетения гладь [1...4].

Одной из проблем при проектировании трикотажных полотен является невозможность точного прогнозирования геометрических размеров изготавливаемого полотна. Для того чтобы прогнозировать размеры изготавливаемого полотна и соответственно расход дорогостоящего материала, очень важно знать длину нити в петле и ее отклонения от расчетной длины.

Для нахождения длины нити в петле льняных трикотажных полотен предлагается неразрушающий метод, в котором осевая линия нити описывается интерполяционным полиномом [5].

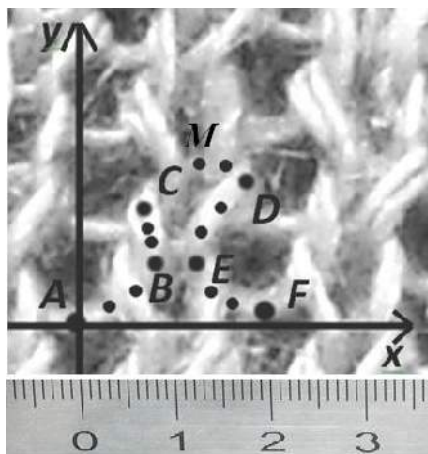


Рис. 1

Для анализа структуры трикотажного полотна получают его цифровое изображение, сфотографировав или отсканировав часть полотна заданного размера. На цифровом изображении выделяется произ-

вольная петля. На ней фиксируются 16 точек, из которых точки А, В, С, D, Е, F являются опорными (рис. 1 – узлы интерполяции для трикотажа переплетения гладь).

Из абсцисс и ординат всех точек формируются одномерные массивы $X=(x_0, x_1 \dots x_{15})$, $Y=(y_0, y_1 \dots y_{15})$. На каждом отрезке $[x_{3i}; x_{3i+3}]$, где $i=0, 1..4$, строится кубический сплайн $S_k(x)$, $k=1..5$, состоящий из функций вида $y_i(x)=a_i+b_ix+c_ix^2+d_ix^3$, где a_i, b_i, c_i, d_i – коэффициенты интерполирующей функции, $i=1..3$.

Длина нити в петле находится как сумма длин кривых АВ, ВС, CD, DE и EF:

$$l=l_1+l_2+l_3+l_4+l_5,$$

где $l_k = \int_{a_k}^{b_k} \sqrt{1+(S'_k(x))^2} dx$ – длина дуги на отрезке $[a_k; b_k]$, a_k и b_k – абсциссы первой и четвертой точек k -го участка петли, где $k=1..5$.

Аналогично можно рассчитать длину нити в других петлях того же образца трикотажного полотна и найти среднюю длину нити в петле для рассматриваемого образца трикотажного полотна [5].

Осевая линия нити в петле трикотажного полотна является гладкой кривой. Математически можно построить такие кубические функции $y_i(x)$ на любом интервале $[x_i; x_{i+1}]$, чтобы полученная в результате кривая $y=y(x)$ и ее первая производная были непрерывны на большом интервале $[x_0; x_{15}]$. Непрерывность производной $y'(x)$ означает, что график функции $y=y(x)$ не будет иметь острых углов. Среди всех дважды дифференцируемых, непрерывных на отрезке функций, интерполирующих заданную совокупность точек, кубический сплайн меньше всего осциллирует, поэтому поведение осевой линии нити в петле трикотажного полотна описывается кусочно-кубическими сплайнами [6].

Данный метод можно использовать для трикотажного полотна переплетений гладь, ластик, фанг, полуфанг, интерлок и др.

Для трикотажа переплетений ластик 2+2, фанг и интерлок отличий в выборе узлов интерполяции нет. В качестве ос-

новых точек осевой линии нити петли также берется 6 точек, всего узлов интерполяции – 16 (рис. 2 – узлы интерполяции

для трикотажного полотна переплетения ластик 2+2, интерлок, фанг).

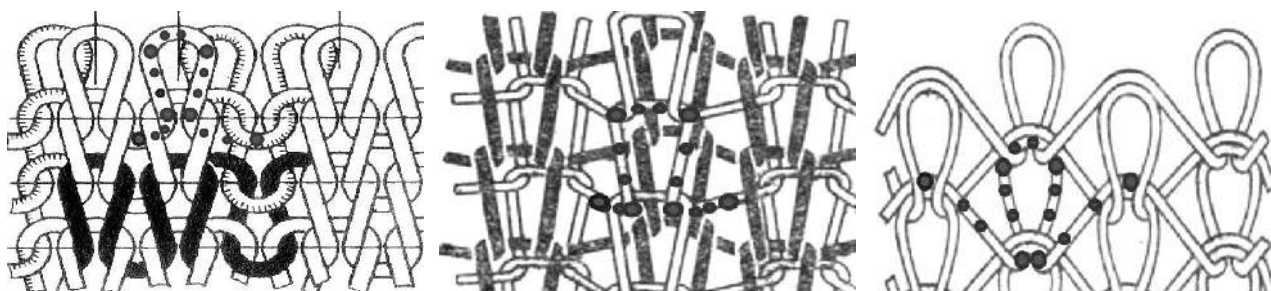


Рис. 2

В раппорт переплетений ластик 2+2 и интерлок входят 4 петли, поэтому для нахождения длины нити в раппорте необходимо выполнить операцию нахождения длины нити для каждой петли, входящей в раппорт.

Для трикотажа переплетения полуфанг по предлагаемой методике можно найти длину нити в каждой из трех различных петель, входящих в раппорт переплетения, но узлов интерполяции для каждой петли по-прежнему будет 16 (рис. 3).

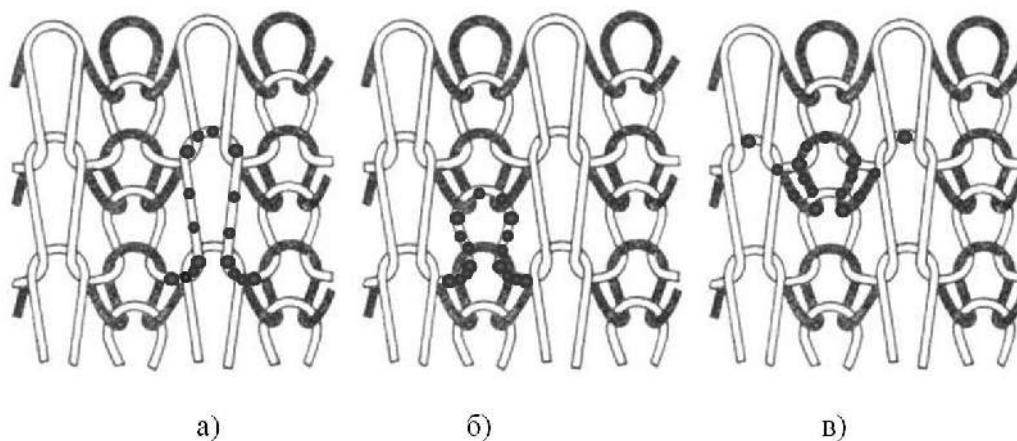


Рис. 3

Предлагаемый расчетный способ определения длины нити в петле трикотажа был апробирован на образце льняного трикотажного полотна переплетения гладь [5] и на образце полушерстяного трикотажного полотна переплетения ластик 1+1 (три нити с линейной плотностью 46 текс). Длина нити в петле, найденная в результате роспуска образца полушерстяного трикотажного полотна, равна 7,5 мм, а по предлагаемому способу длины нитей в пяти различных петлях рассматриваемого образца, отобранных случайным образом, равны: 7,37; 7,61; 7,52; 7,58; 7,59 мм, среднее значение равно 7,53 мм.

Трикотаж одного и того же переплетения, имеющий одинаковые типы петель, в равновесном состоянии может иметь различную форму петель, а длина нити в петле может отличаться от среднего значения для данного трикотажа. Найдя по предлагаемому методу длину нити l конкретной петли и среднюю длину l_{cp} нити в петле для всего образца трикотажного полотна, можно вычислить относительную погрешность по формуле:

$$\delta = \frac{|l - l_{cp}|}{l_{cp}} \cdot 100\% . \quad (1)$$

Получив значения относительных погрешностей для всех петель рассматриваемого образца трикотажа, можно выявить неравномерность длин нитей в петлях на различных участках образца и выделить участки полотна с дефектами петельной структуры.

Разработан программный комплекс, реализующий расчетную методику неразрушающего метода определения длины нити в любой конкретной петле, среднего значения длины нити в петле и отклонений по цифровому изображению трикотажного полотна любого кулирного переплетения. Кроме того разработана программа для автоматизированного расчета важнейших при проектировании трикотажа параметров полотна переплетения гладь и создания имитационной модели, позволяющей осуществить визуализацию трикотажного полотна до его непосредственного изготовления [7].

По цифровому изображению трикотажного полотна определяется длина нити в проекции петли на фронтальную плоскость. Для описания поведения осевой линии нити петли в пространстве рассматриваются проекции петли на профильную и поперечную плоскости. Отмеченные ранее узлы интерполяции проектируются на профильную и поперечную плоскости.

Толщину трикотажного полотна переплетения гладь принято считать равной двум условным диаметрам нити [8]. Поскольку точки А, В, С, М отмечаются на осевой линии нити, то на профильной плоскости у них будут следующие координаты: А($y_0, 0$), В(y_3, d_y), С(y_6, d_y), М($y_7, 0$)

(рис. 4 – узлы интерполяции на фронтальной и профильной проекции трикотажного полотна переплетения гладь).

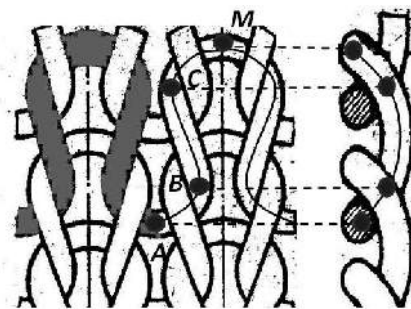


Рис. 4

Через указанные выше 4 точки строится кубический интерполяционный полином (координаты y_0, y_3, y_6 и y_7 удовлетворяют условию монотонности), затем находится длина профильной проекции дуги АВСМ:

$$\ell_{\text{АВСМ}} = \int_{y_0}^{y_7} \sqrt{1 + (z'(y))^2} dy, \quad (2)$$

где $z(y)$ – кубический интерполяционный полином.

Если же осевая линия нити петли располагается в одной плоскости, то те же узлы интерполяции имеют координаты: А($y_0, 0$), В($y_3, 0$), С($y_6, 0$), М($y_7, 0$). Длина фронтальной проекции дуги АВСМ в таком случае равняется длине отрезка АМ: $\ell_{\text{АМ}} = y_7 - y_0$. Относительная погрешность при замене дуги в профильной проекции на отрезок определяется по формуле:

$$\frac{|\ell_{\text{АВСМ}} - \ell_{\text{АМ}}|}{\ell_{\text{АВСМ}}} \cdot 100\% = \frac{\left| \int_{y_0}^{y_7} \sqrt{1 + (z'(y))^2} dy - (y_7 - y_0) \right|}{\int_{y_0}^{y_7} \sqrt{1 + (z'(y))^2} dy} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Аналогично можно вычислить относительную погрешность при замене дуги в поперечной проекции на отрезок.

Если погрешности не превышают 5%, то для расчета длины нити в петле можно использовать плоскую математическую

модель, основанную на описании осевой линии нити с помощью интерполяционного сплайна. В противном случае для расчета длины нити петли необходима пространственная математическая модель осевой линии нити в петле.

ВЫВОДЫ

1. Предложен расчетный способ определения длины нити в петле трикотажного полотна, в котором осевая линия петли рассматривается как несимметричная и описывается кубическими сплайнами. Обоснована возможность применения данного способа для определения длины нити в петле трикотажных полотен любых кулирных переплетений.

2. Предложенный расчетный способ определения длины нити в петле трикотажного кулирного переплетения позволяет рассчитать среднюю длину нити в петле и длину каждой петли, а также позволяет выявить участки полотна с дефектами петельной структуры.

3. Определены условия, при которых для расчета длины нити в петле можно использовать плоскую математическую модель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздова Г.И., Немирова Л.Ф. Использование численных методов в расчетах параметров петельной структуры трикотажных полотен // Научный вестник КГТУ. – 2008, №2. С. 3...14.
2. Крутикова В.Р., Борисова Е.А., Копылова Н.Н. Сравнительный анализ расчета длины нити в

петле по моделям геометрического подобия структуры трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №5. С. 74...78.

3. Стенюгина О.В., Коробов Н.А., Гусев Б.Н., Алешина А.Д. Определение геометрических характеристик петлеобразования трикотажного полотна по компьютерному изображению // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №1. С. 134...137.

4. Березкин А.Г. Метод автоматизированного проектирования и машинной визуализации структуры трикотажа кулирных комбинированных переплетений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №3. С. 78...81.

5. Землякова И.В., Каминская Л.А. Неразрушающий метод определения длины нити в петле трикотажного полотна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С.113...116.

6. Мэтьюз, Джон, Г., Финк, Куртис, Д. Численные методы. Использование MathLab. – 3-е изд. / Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001.

7. Землякова И.В., Смирнова Н.А., Чагина Л.Л., Каминская Л.А. Разработка имитационной модели льносодержащих трикотажных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 1. С. 71...73.

8. Шалов И.И. и др. Технология трикотажного производства: Основы теории вязания. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

Рекомендована кафедрой высшей математики.
Поступила 30.09.14.