

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОСЕВОЙ ЛИНИИ ИЗГИБА И ВЕЛИЧИНЫ УРАБОТКИ НИТЕЙ ОСНОВЫ В ОДНОСЛОЙНОЙ ТКАНИ

STUDY OF THE PARAMETERS OF THE CENTRAL BENDING LINE AND THE WARP TWIST TAKE-UP IN A SINGLE-LAYER FABRIC

А.В. АВДУСИНА, Л.В. КОЖЕВНИКОВА, Т.Е. ГРЕКОВА, Т.Ю. КАРЕВА
A.V. AVDUSINA, L.V. KOZHEVNIKOVA, T.YE. GREKOVA, T.YU. KAREVA

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)
E-mail: ttp@ivgpu.com

Существующий геометрический метод определения уработки нитей в ткани дает значительную ошибку в расчетах. Это связано с тем, что осевая линия изгиба нити представляется в виде прямой, а не кривой на участке перехода нити с лица ткани на изнанку. Проведены теоретические исследования по определению параметров осевой линии изгиба нитей в ткани на основе ее геометрии строения и метода упругих параметров нелинейной теории изгиба упругих стержней. Полученные результаты показали, что ошибка в определении длины зарабатываемой нити в этом случае доходит до 1,5%. При этом ошибка в определении величины уработки может достигать 19%.

Existing the geometrical method of definition of an shrinkage of threads in fabric gives a considerable mistake in calculations. It is connected with that the axial line of a bend of a thread is presented in the form of a straight line, instead of a curve in a transition place a thread from a face of fabric on a wrong side. Theoretical investigation on the characterization of the center line of the bend of threads in the fabric based on the geometry of the structure and method of elastic parameters of the nonlinear bending theory of elastic rods. The carried out calculations showed that the mistake in determination of length of a thread in this case reaches 1,5%. Thus the mistake in determination of the sizes of an shrinkage reaches 19%.

Ключевые слова: проектирование ткани, уработка, геометрический способ, осевая линия изгиба, ошибка, нелинейная теория изгиба.

Key words: fabric design, shrinkage, geometrical way, axial line of a bend, mistake, nonlinear theory of bending

В любой задаче проектирования тканей с заданными свойствами тем или иным образом встает вопрос определения (прогнозирования) либо уточнения величины уработки нитей в ткани. Как правило, задача решается с использованием известной формулы, полученной на основе геометрии строения ткани, с использованием теоремы Пифагора:

$$a_o = \frac{t_o (\sqrt{\ell_{yф}^2 + h_o^2} - \ell_{yф})}{t_o \sqrt{\ell_{yф}^2 + h_o^2} + (R_y - t_o) \frac{d_y}{K_{ny}}} \cdot 100, (1)$$

где $\sqrt{\ell_{yф}^2 + h_o^2}$ – длина осевой линии в месте пересечки (перехода основной нити с лица на изнанку(или наоборот)).

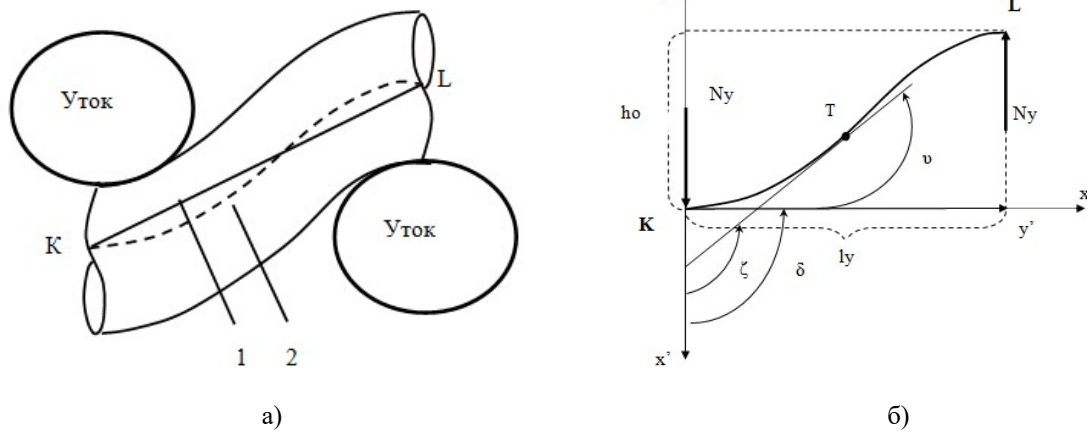


Рис. 1

Таким образом (как видно из формулы), в этом случае участок осевой линии нити, соответствующий пересечке, представляется в виде прямой (линия 1 на рис. 1-а) взамен кривой с точкой перегиба (линия 2 на рис. 1-а). При этом возникает ошибка, значение которой при проектировании тканей 4,5,6 порядков фазы строения (то есть при достаточно большом взаимном изгибе нитей) соизмеримо с самой величиной уработки нитей в ткани.

Определим разницу в значениях уработки нити, возникающую при представлении осевой линии в виде прямой и кривой. Для этого проведем сравнительные вычисления длины зарабатываемой нити в ткань на основе геометрии ее строения и с помощью нелинейной теории изгиба, принимая в первом приближении, что геометрическая плотность (например, по утку) для ткани полотняного переплетения есть величина, обратная плотности ткани по

утку $\left(\ell_y = \frac{100}{P_y} \right)$. Расчеты проведем с по-

мощью электронной таблицы Microsoft Office Excel при использовании метода упругих параметров нелинейной теории изгиба упругих стержней [1]. Рассмотрим осевую линию изгиба нити основы (кривая KL, рис. 1-б) Направим новые оси x' и y' по линии действия силы нормального давления нити утка на нить основы в точке K (рис. 1-б). Согласно принятым правилам отсчета углов [1] на рис. 1-б показан угол δ , определяющий направление оси x по

отношению к направлению силы Ny в начальной точке упругой линии нити основы, а также углы ζ, ν в произвольной точке T. Согласно рис. 1-б, имеем: $\nu_K = 0$, $\delta = 90^\circ$, $\zeta_K = 90^\circ$.

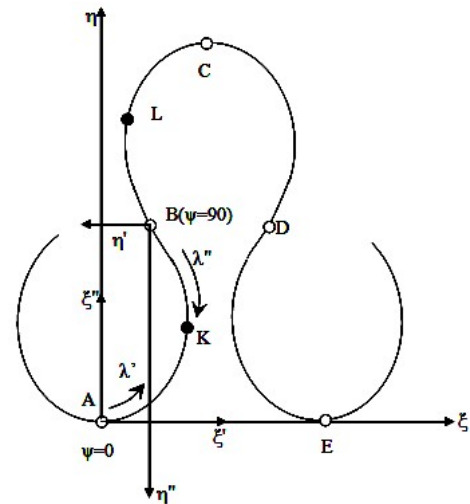


Рис. 2

Рассматривая кривую изгиба нити основы (рис. 1-б) и возможные формы периодической упругой кривой при разных значениях модулярного угла α [1], принимая внимание, что направление оси ξ (рис. 2) совпадает с направлением приложенной силы, можно сделать вывод о том, что эквивалентный участок для осевой линии изгиба основной нити будет находиться на периодической упругой кривой четвертого вида, для которой модулярный угол α находится в пределах $45^\circ \leq \alpha \leq 65^\circ 20'$ [1].

При этом начальная точка К будет лежать на главной ветви (АВ) периодической упругой кривой, а конечная точка L – на ветви ВС (рисунок 2), и для ткани полотняного переплетения, вследствие симметрии относительно точки перегиба, будут выполняться следующие условия: $\nu_K = \nu_L = 0^\circ$, $\delta = 90^\circ$, $\zeta_K = \zeta_L = 90^\circ$.

Выразим длину зарабатываемой нити и геометрическую плотность через упругие параметры. С учетом выражений перехода к упругим параметрам $\lambda = \lambda'$; $\xi = \xi'$; $\eta = \eta'$ [1] для начальной точки осевой линии изгиба нити основы (рис. 1-б), и с учетом выражений $\xi = \beta x' / \ell = x' \sqrt{N/H}$, $\eta = \beta y' / \ell = y' \sqrt{N/H}$ [1] (где N – приложенная сила, H; H – жесткость на изгиб $H \cdot \text{мм}^2$) будем иметь для точки К:

$$\lambda_K = \lambda'_K; \xi_K = \xi'_K; \eta_K = \eta'_K.$$

Тогда для точки L (рис. 1-б), с учетом выражений перехода к упругим параметрам [1]:

$$h_{KL} = -x'_1 = -\frac{\xi_L - \xi_K}{\sqrt{\frac{N_y}{H_0}}} = -\frac{(2\xi_{90}' - \xi' - \xi')\sqrt{H_0}}{\sqrt{N_y}} = -\frac{2\xi''\sqrt{H_0}}{\sqrt{N_y}} = -\frac{2\xi''_{\text{но}}\sqrt{H_0}}{\sqrt{N_y}}, \quad (2)$$

где H_0 – жесткость на изгиб нити основы, $H \cdot \text{мм}^2$; N_y – сила нормального давления нити утка на нить основы, Н.

будем иметь:

$$\lambda_L = 2\lambda_{90}' - \lambda'; \xi_L = 2\xi_{90}' - \xi'; \eta_L = 2\eta_{90}' - \eta'.$$

Принимая во внимание выражения [1]:

$$\frac{x' - x'_0}{\ell} = \frac{\xi - \xi_0}{\beta}, \quad \frac{y' - y'_0}{\ell} = \frac{\eta - \eta_0}{\beta},$$

$$\xi = \beta x' / \ell = x' \sqrt{N/H},$$

$$\eta = \beta y' / \ell = y' \sqrt{N/H}$$

и

$$\lambda'' = \lambda_{90}'' - \lambda'', \xi'' = \xi_{90}'' - \xi'', \eta'' = \eta_{90}'' - \eta'',$$

а также тот факт, что согласно рис. 1-б $h_{KL} = -x'_1$ имеем:

Формула для определения геометрической плотности ткани по утку, с учетом того, что $\ell_y = y'$ (согласно рис. 1-б), будет иметь следующий вид:

$$\ell_y = y'_L = \frac{\eta_L - \eta_K}{\sqrt{\frac{N_y}{H_0}}} = \frac{(2\eta_{90}' - \eta' - \eta')\sqrt{H_0}}{\sqrt{N_y}} = \frac{2\eta''\sqrt{H_0}}{\sqrt{N_y}} = \frac{2\eta''_{\text{но}}\sqrt{H_0}}{\sqrt{N_y}}. \quad (3)$$

Длина зарабатываемой в ткань нити основы $\ell_{\text{но}}$:

$$\ell_{\text{но}} = s = \frac{\lambda_L - \lambda_K}{\sqrt{\frac{N_y}{H_0}}} = \frac{2\lambda''\sqrt{H_0}}{\sqrt{N_y}} = \frac{2\lambda''_{\text{но}}\sqrt{H_0}}{\sqrt{N_y}}. \quad (4)$$

Выражение для определения уработки нитей основы через упругие параметры

будет иметь следующий вид:

$$a_0 = 100 \left(1 - \frac{\ell_y}{\ell_{HO}} \right) = 100 \left(1 - \frac{\eta''}{\lambda''} \right) = 100 \left(1 - \frac{\eta''_{HO}}{\lambda''_{HO}} \right). \quad (5)$$

Произведя такие же преобразования,

для нити утка будем иметь:

$$h_y = -\frac{2\xi''_{HY} \sqrt{H_y}}{\sqrt{N_o}}, \quad \ell_o = \frac{2\eta''_{HY} \sqrt{H_y}}{\sqrt{N_o}}, \quad \ell_{HY} = \frac{2\lambda''_{HY} \sqrt{H_y}}{\sqrt{N_o}}, \quad a_y = 100 \left(1 - \frac{\eta''_{HY}}{\lambda''_{HY}} \right). \quad (6)$$

Зная модулярный угол, можно определить все параметры кривой линии изгиба.

Нами разработана методика определения модулярного угла упругой линии изгиба нити на основе заправочных параметров ткани. Для этого к табличным значениям упругих параметров [1] дополнительно введены значения отношений ξ''/η'' и λ''/η'' . В среде Microsoft Office Excel создана программа для определения упругих параметров осевой линии изгиба нитей в ткани, скриншот которой представлен на рис. 3. По известной величине уработки нитей основы (утка) определялись отношения:

$$\frac{\lambda''_{HO}}{\eta''_{HO}} = \frac{100}{100 - a_0}, \quad (7)$$

$$\frac{\lambda''_{HY}}{\eta''_{HY}} = \frac{100}{100 - a_y}. \quad (8)$$

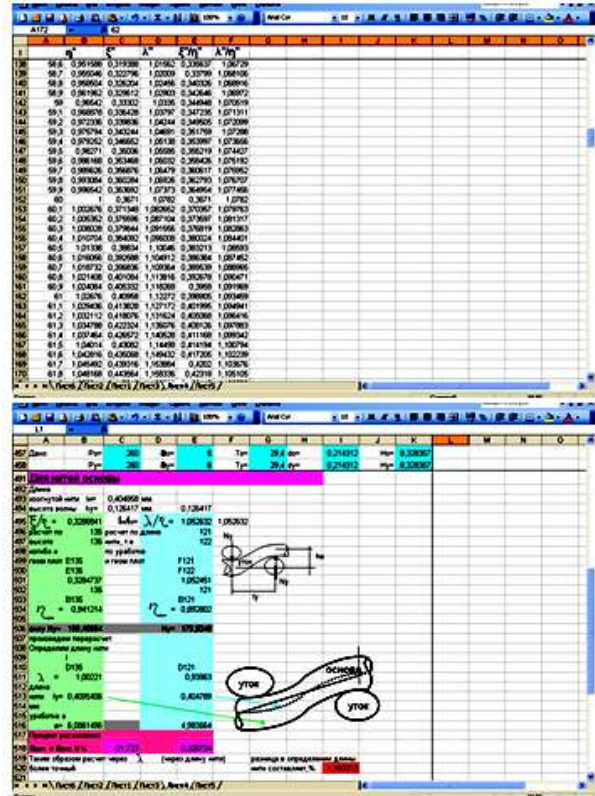


Рис. 3

Затем специальной функцией выбиралась соответствующая строка с рассчитанным значением отношения в таблице упругих параметров и тем самым определялся модулярный угол для рассматриваемой осевой линии нити основы или утка. Силу нормального давления нити утка на нить основы в зоне контакта определяли (согласно выражению 3) следующим образом:

$$N_y = \frac{4\eta''_{HO} H_0}{\ell_y^2} = \frac{4\eta''_{HO} H_0 P_y^2}{10000}, \quad (9)$$

где ℓ_y – геометрическая плотность, мм; P_y – плотность ткани по утку, нитей/дм.

Соответственно силу нормального давления нити основы на нить утка в зоне контакта определяли по следующему выражению:

$$N_o = \frac{4\eta_{ny}^2 H_y}{\ell_o^2} = \frac{4\eta_{ny}^2 H_y P_o^2}{10000}, \quad (10)$$

где H_y – жесткость на изгиб нити утка, Нмм²; ℓ_o – геометрическая плотность ткани по основе, мм; P_o – плотность ткани по основе, нитей/дм.

При этом параллельно проводятся вычисления упругих параметров и сил нормального давления исходя из высоты волны изгиба нити, полученной из представления осевой линии изгиба в месте пересечки в виде прямой, и геометрической плотности ткани (левый столбец, рис. 3), а также из длины зарабатываемой нити, исходя из выражений (7) и (8) (правый столбец, рис. 3). Рассматривались 6 артикулов тканей полотняного переплетения с близкими значениями технологических плотностей ткани и линейных плотностей нитей. В результате проведенных теоретических исследований было выявлено, что в среднем для ткани полотняного переплетения относительная ошибка в определении длины зарабатываемой нити в ткань, возникающая при замене кривой осевой линии нити в месте пересечки на прямую, составляет 1,5%. При этом относительная ошибка в определении значения уработки по сравнению с исходными данными достигает

19%. В связи с этим, определение уработки нитей в ткани только геометрическим методом дает большую величину ошибки, и данный метод может быть использован только для приблизительных расчетов. Кроме этого геометрический метод не учитывает жесткостных характеристик нитей и условия ее выработки на станке.

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика определения упругих параметров осевой линии изгиба нитей в ткани, позволяющая определять модулярный угол, высоты волн изгиба нитей основы и утка, геометрические плотности ткани, длины зарабатываемых нитей в ткань, а также силы нормального давления нитей друг на друга в зоне контакта.

2. Выявлено, что при представлении осевой линии изгиба в виде прямой в зоне пересечки ошибка в определении длины зарабатываемой нити в среднем составляет 1,5%. При этом относительная ошибка в определении значения уработки по сравнению с исходными данными достигает 19%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней и нитей. – М.: Машиностроение, 1979.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных изделий. Поступила 11.11.13.