

УДК 677.022.954

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАТЯЖЕНИЯ ВОЛОКОН
В ТРЕУГОЛЬНИКЕ КРУЧЕНИЯ**

Н.В. СТЕПНОВ, А.С. СМИРНОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)

E-mail: office@msta.ac.ru

В ходе исследования получены математические зависимости, описывающие связь натяжения волокна в треугольнике кручения от различных углов наклона волокна к оси входящего продукта.

During the research the mathematical dependences describing the connection of a fiber tension in a spinning triangle from various angles of a fiber taper to an axis of the outgoing product are received herein.

Ключевые слова: вытяжной прибор, натяжение волокна, выходящая мычка, треугольник кручения, относительное удлинение волокон, асимметричность.

В процессе формирования пряжи в зажиме вытяжного прибора выпускной линии выходящая мычка имеет ослабленный участок, представляющий собой треугольник кручения, характеризующийся шириной b , высотой h и углами у его вершины χ_i и χ_j . (рис. 1 – модель распределения натяжения волокон в треугольнике кручения). Кроме основных размеров треуголь-

ник кручения имеет дополнительный показатель – асимметричность ξ . Она вызвана смещением вершин треугольника кручения (асимметричный треугольник кручения) относительно оси симметрии (рис. 1-б) и обусловлена степенью наладки выпускной зоны. В частном случае, при $\xi = 0$ формируется симметричный треугольник кручения (рис. 1-а).

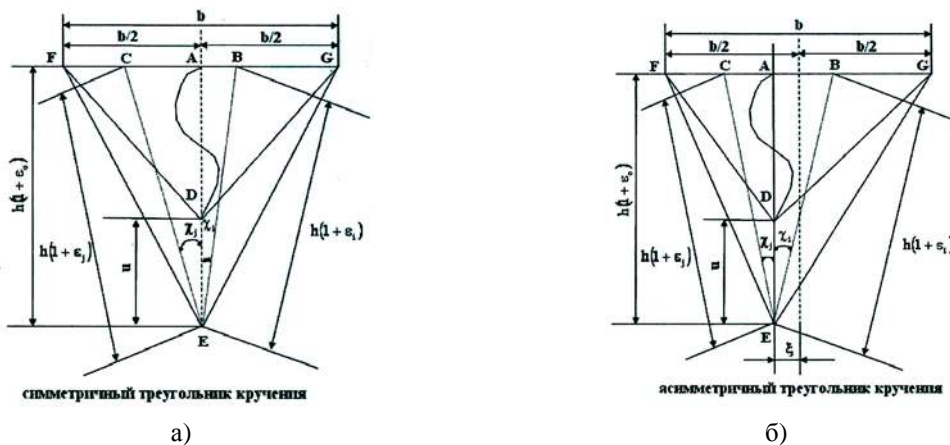


Рис. 1

При исследовании натяжения волокон в треугольнике кручения делаем допущение, что волокна равномерно распределены по поверхности треугольника кручения.

В ненагруженном состоянии, согласно расчетной схеме на рис. 1, треугольник кручения имеет ширину FG , равную b , высоту AD , равную h , асимметричность ξ (рис. 1-б) и углы χ_i и χ_j при вершине треугольника кручения справа и слева соответственно от центральной оси. Под воздействием натяжения пряжи T вершина треугольника кручения переместится от точки D до точки E на величину u . Причиной этого перемещения является относительное удлинение волокон ε (ε_0 – относительное удлинение центральных волокон ε_i и ε_j – относительное удлинение волокна по обеим сторонам треугольника кручения). В результате длина центральных волокон в треугольнике кручения составит $h(1 + \varepsilon_0)$, а текущая длина остальных волокон – справа и слева от центральной оси $h(1 + \varepsilon_i)$ и $h(1 + \varepsilon_j)$, соответственно. Для учета влияния асимметричности на распределение натяжения в треугольнике кручения вводится параметр β , определяемый следующим образом:

$$\beta = \frac{\frac{b}{2} + \xi}{\frac{b}{2} - \xi} = \frac{\text{tg}\chi_m}{\text{tg}\chi_n} = \frac{m}{n}, \quad (1)$$

где χ_m и χ_n – максимальные значения углов при вершине по обе стороны треугольника кручения; m , n – число волокон на правой и левой стороне треугольника кручения, соответственно.

В общем случае натяжение волокна определяется по следующей формуле [1]:

$$U(u) = S_{\text{вол}} h \left[\frac{E}{2} \left(\frac{u}{h} \right)^2 \right] + S_{\text{вол}} h \left\{ \frac{E}{2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{u(1 + \text{tg}^2 \chi_i) + 0,5h \text{tg}^2 \chi_i}{h} \right]^2 \right\} + S_{\text{вол}} h \left\{ \frac{E}{2} \sum_{j=1}^m \left[\frac{u(1 + \text{tg}^2 \chi_j) + 0,5h \text{tg}^2 \chi_j}{h} \right]^2 \right\}. \quad (6)$$

$$P_{i(j)} = ES_{\text{вол}} \varepsilon_{i(j)}, \quad (2)$$

где E – модуль упругости волокна, сН/мм^2 ; $S_{\text{вол}}$ – площадь поперечного сечения волокна, мм^2 ; ε_i и ε_j – относительное удлинение волокна по обеим сторонам треугольника кручения.

Модуль упругости E для хлопкового волокна находится в диапазоне от $5 \cdot 10^5$ до 10^6 сН/мм^2 [2], [3].

Площадь поперечного сечения волокна может быть найдена так:

$$S_{\text{вол}} = \frac{\pi d_{\text{вол}}^2}{4}, \quad (3)$$

где $d_{\text{вол}}$ – диаметр волокна, мм , определяемый [2]:

$$d_{\text{вол}} = 0,0357 \sqrt{\frac{T_{\text{вол}}}{\delta}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{вол}}$ – линейная плотность волокна, текс ; δ – объемная плотность, мг/мм^3 .

Для определения относительного удлинения каждого волокна воспользуемся энергетическим методом [4], который представляется в общем виде:

$$V = U + W, \quad (5)$$

где V – общая энергия; U – внутренняя энергия, возникающая при растяжении волокон; W – работа, совершаемая внешними силами (натяжением).

Внутренняя энергия U при растяжении волокон в треугольнике кручения имеет следующий вид [5]:

Работа W , совершаемая под воздействием натяжения, определяется:

$$W = -T u. \quad (7)$$

Таким образом, выражение (5) примет вид:

$$V = U + W = S_{\text{вол}} h \left[\frac{E}{2} \left(\frac{u}{h} \right)^2 \right] + S_{\text{вол}} h \left\{ \frac{E}{2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{u(1 + \text{tg}^2 \chi_i) + 0,5h \text{tg}^2 \chi_i}{h} \right]^2 \right\} + S_{\text{вол}} h \left\{ \frac{E}{2} \sum_{j=1}^m \left[\frac{u(1 + \text{tg}^2 \chi_j) + 0,5h \text{tg}^2 \chi_j}{h} \right]^2 \right\} - Tu. \quad (8)$$

Удовлетворяя принципу минимизации

общей энергии $\frac{dV(u)}{du} = 0$ и выразив u , получим [6]:

$$u = \frac{T - \frac{S_{\text{вол}} E}{2} \left[\sum_{i=1}^n (1 + \text{tg}^2 \chi_i) \text{tg}^2 \chi_i + \sum_{j=1}^m (1 + \text{tg}^2 \chi_j) \text{tg}^2 \chi_j \right]}{\frac{S_{\text{вол}} E}{h} \left[1 + \sum_{i=1}^n (1 + \text{tg}^2 \chi_i)^2 + \sum_{j=1}^m (1 + \text{tg}^2 \chi_j)^2 \right]}. \quad (9)$$

Учитывая, что $u = h \varepsilon_0$, определим ε_0 :

$$\varepsilon_0 = \frac{T - \frac{S_{\text{вол}} E}{2} \left[\sum_{i=1}^n (1 + \text{tg}^2 \chi_i) \text{tg}^2 \chi_i + \sum_{j=1}^m (1 + \text{tg}^2 \chi_j) \text{tg}^2 \chi_j \right]}{S_{\text{вол}} E \left[1 + \sum_{i=1}^n (1 + \text{tg}^2 \chi_i) + \sum_{j=1}^m (1 + \text{tg}^2 \chi_j) \right]}. \quad (10)$$

Между относительным удлинением центрального волокна ε_0 и относительным удлинением текущего волокна ε_i и ε_j для обеих сторон треугольника кручения существует взаимосвязь:

$$\varepsilon_i = \frac{1 + \varepsilon_0}{\cos \chi_i} - 1, \quad (11)$$

$$\varepsilon_j = \frac{1 + \varepsilon_0}{\cos \chi_j} - 1. \quad (12)$$

Следовательно, натяжение текущего волокна с обеих сторон треугольника кручения будет определяться:

$$P_i = \frac{ES_{\text{вол}}}{\cos \chi_i} + \frac{T - \frac{S_{\text{вол}} E}{2} \left[\sum_{i=1}^n (1 + \text{tg}^2 \chi_i) \text{tg}^2 \chi_i + \sum_{j=1}^m (1 + \text{tg}^2 \chi_j) \text{tg}^2 \chi_j \right]}{ES_{\text{вол}} \cos \chi_i \left[1 + \sum_{i=1}^n (1 + \text{tg}^2 \chi_i)^2 + \sum_{j=1}^m (1 + \text{tg}^2 \chi_j)^2 \right]} - ES_{\text{вол}}, \quad (13)$$

$$P_j = \frac{ES_{\text{вол}}}{\cos \chi_j} + \frac{T - \frac{S_{\text{вол}} E}{2} \left[\sum_{i=1}^n (1 + \text{tg}^2 \chi_i) \text{tg}^2 \chi_i + \sum_{j=1}^m (1 + \text{tg}^2 \chi_j) \text{tg}^2 \chi_j \right]}{ES_{\text{вол}} \cos \chi_j \left[1 + \sum_{i=1}^n (1 + \text{tg}^2 \chi_i)^2 + \sum_{j=1}^m (1 + \text{tg}^2 \chi_j)^2 \right]} - ES_{\text{вол}}. \quad (14)$$

На основании полученных формул (13) и (14) было проведено исследование влияния ширины b (от 1 до 3 мм), высоты h (от 1 до 2 мм) и асимметричности ξ (от 0,1 до 3 мм) на распределение натяжения волокон в треугольнике кручения. Расчет осуществлялся в среде MatLab при натяжении мычки $T=10$ сН и числе волокон в треугольнике кручения $N=100$. Результаты представлены на рис. 2...4: рис. 2 – влияние ширины треугольника кручения b на

распределение натяжения в волокнах (при постоянной высоте треугольника кручения $h=1,5$ мм); рис. 3 – влияние высоты треугольника кручения h на распределение натяжения волокон (при постоянной ширине треугольника кручения $b=1$ мм); рис. 4 – влияние асимметричности на распределение натяжения волокон (при постоянной ширине $b=1$ мм и высоте $h=1,5$ мм треугольника кручения).

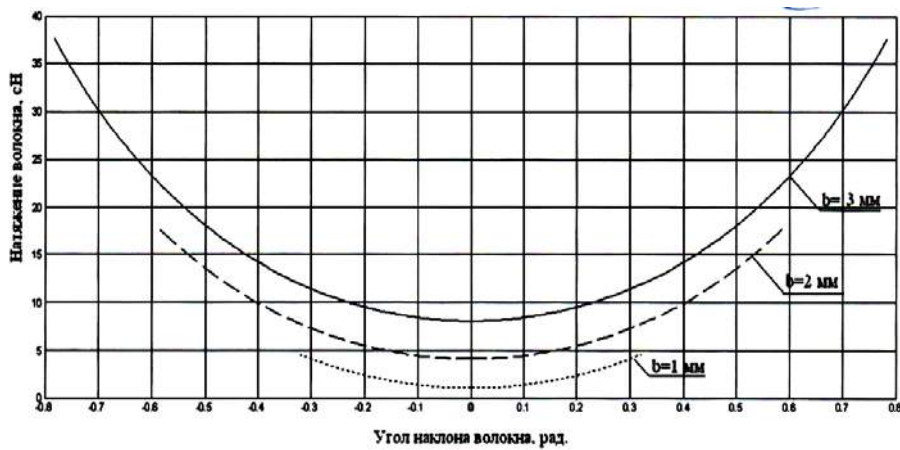


Рис. 2

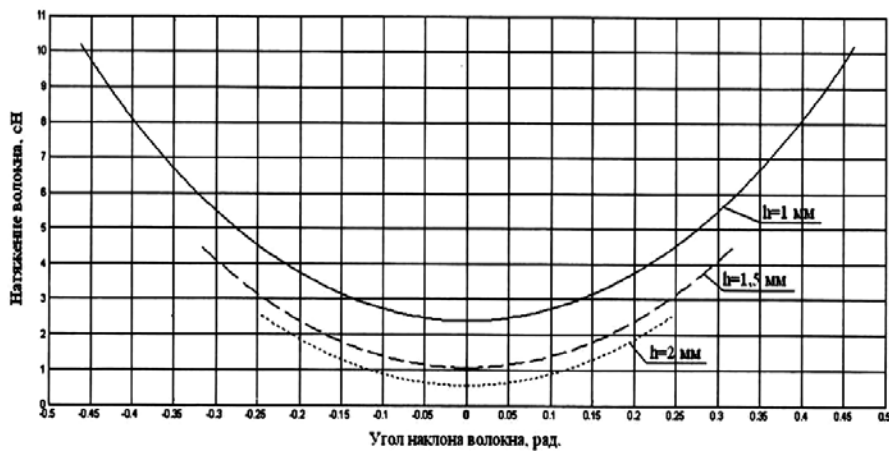


Рис. 3

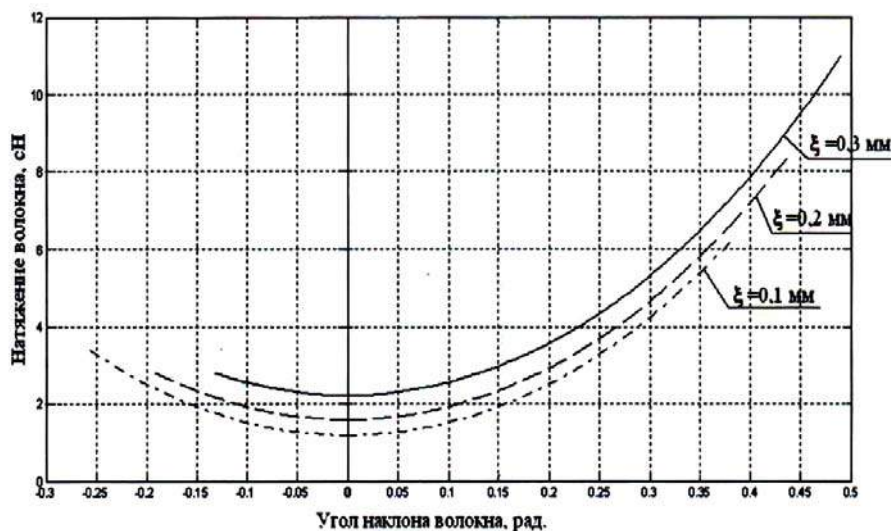


Рис. 4

Проведенные аналитические исследования (рис. 2, 3) показали, что для создания минимального натяжения каждого волокна рекомендуется уменьшать углы при вершине треугольника χ_i и χ_j путем уменьшения ширины мычки b (рис. 2) или увеличения высоты треугольника кручения h (рис. 3). Снижение асимметричности ξ позволяет сократить диапазон распределения натяжений волокон (рис. 4) и обеспечить одинаковое натяжение волокон, находящихся под одним углом наклона, то есть $\chi_i + \chi_j$, по обе стороны треугольника кручения.

ВЫВОДЫ

1. Полученные аналитические зависимости позволяют рассчитать натяжение волокна с учетом его положения в выходящей мычке.

2. Снижение натяжения волокна в мычке достигается уменьшением углов при вершине треугольника кручения χ_i и χ_j путем уменьшения ширины мычки b или увеличения высоты треугольника кручения h .

3. Наличие асимметричности ξ в треугольнике кручения увеличивает диапазон колебаний натяжения волокон в мычке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.П. Прикладная механика нити: Учебное пособие для вузов. – М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001.
2. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбыт-издат, 1989.
3. Бархоткин Ю.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №3. С.50...53.
4. Стёпин П.А. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1988.
5. Najar S. An analysis of the twist triangle in ring spinning // Thesis University of New South Wales. – Australia, 1996. С. 10...15.
6. Hua T. and a. Effects of Geometry of ring spinning triangle on yarn torque part I: Analysis of fiber tension distribution // Textile Research journal. – 2007, v.77, №11. P. 853...863.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка. Поступила 01.08.09.