

# МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ ВОЛОКОН ПО СЕЧЕНИЮ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ ПРЯЖИ КОЛЬЦЕВОГО СПОСОБА ФОРМИРОВАНИЯ

Д.Б. Рыклин

**В** настоящее время многокомпонентные пряжи составляют значительную долю всех выпускаемых в мире пряж. Это связано как с возможностью снижения стоимости продукции текстильной промышленности, так и с постоянно возрастающими требованиями к качеству этой продукции.

В процессе совместной переработки волокна разной природы ведут себя по-разному, причем это касается не только процессов подготовки к прядению, но и непосредственно формирования пряжи. Известно, что перераспределение натуральных и химических волокон по сечению пряжи при определенных обстоятельствах может привести к повышению доли натуральных волокон на поверхности пряжи, что улучшает потребительские свойства изделий. Кроме того, при смешивании разноцветных волокон в меланжевом производстве желательно иметь представление о характере миграции волокон, так как в результате нее может быть сформирована пряжа, имеющая оттенок, не соответствующий предварительным прогнозам.

Таким образом, основной целью исследования миграции волокон по сечению пряжи было определение состава поверхностного слоя пряжи, что является важным для меланжевой пряжи с точки зрения прогнозирования ее цвета, а также для пряжи, состоящей из натуральных и химических волокон с точки зрения ее органолептического восприятия.

Ранее были проведены теоретические исследования, в основе которых лежала гипотеза о том, что из-за миграции средние растягивающие усилия, действующие на каждое из волокон, становятся одинаковыми [1]. В результате моделирования процесса получены формулы для расчета доли волокон в сечении наружного слоя по массе и площади сечения. Однако использование данной гипотезы приводит к тому, что параметры внешнего слоя, определенные в результате моделирования, в значительной степени зависят от соотношения линейных

плотностей используемых волокон. Для хлопкополиэфирной меланжевой пряжи, содержащей 80% хлопкового волокна 5-I, при вложении полиэфирных волокон малой линейной плотности (0,08 текс) доля площади поверхности пряжи, занимаемая хлопковым волокном, составляет 54%, а при вложении волокон линейной плотности 0,22 текс – повышается до 84%. Экспериментально такого существенного влияния линейной плотности волокна на цвет меланжевой пряжи не выявлено.

В настоящее время все большее распространение получают смеси волокон, отличающихся как по диаметру, так и по модулю упругости. Можно предположить, что натяжение пряжи перераспределяется между волокнами в треугольнике кручения неравномерно.

При анализе процесса формирования пряжи кольцевым способом прядения была принята гипотеза о том, что в процессе миграции происходит выравнивание напряжений, возникающих в волокнах при кручении. Для двухкомпонентной смеси волокон в этом случае можно записать

$$E_1 \bar{\varepsilon}_1 = E_2 \bar{\varepsilon}_2 . \quad (1)$$

где  $E_i$  – начальный модуль продольной упругости волокна  $i$ -го компонента, Па;  $\bar{\varepsilon}_i$  – среднее относительное удлинение волокон  $i$ -го компонента в процессе формирования пряжи.

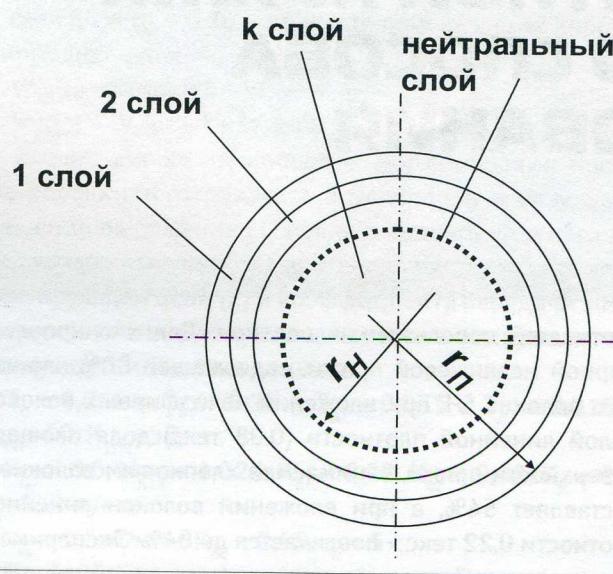
Разделим сечение двухкомпонентной пряжи на  $k$  слоев. Причем стержневой слой ( $k$ ) ограничивается радиусом нейтрального слоя (рис. 1). Понятие нейтрального слоя получено из предположения о том, что волокна, находящиеся на некотором расстоянии от оси пряжи, при кручении ее располагаются по винтовым линиям

Д.Б. Рыклин  
К.т.н., доцент  
Витебский государственный  
технологический университет

вокруг внутреннего ядра с радиусом  $r_H$ , не подвергаясь никаким деформациям [2].

Рисунок 1

**РАЗДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЯ ПРЯЖИ НА КОЛЬЦЕВЫЕ ЗОНЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА МИГРАЦИИ**



В работе [3] получена формула для расчета радиуса нейтрального слоя, м, которая имеет следующий вид:

$$r_H = \frac{\sqrt{1 - K_y^2}}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot K_y} . \quad (2)$$

где  $K$  – крутка пряжи, кр./м;  $K_y$  – коэффициент укрутки.

Для моделирования процесса миграции волокон по сечению двухкомпонентной пряжи разработана компьютерная программа. В процессе моделирования по каждому слою осуществляется перебор доли  $\beta_{Sij}$  площади, занимаемой в сечении  $j$ -го слоя волокнами  $i$ -го компонента, от 0 до 1 с заданной дискретностью, определяемой в зависимости от требуемой точности и быстродействия используемой ЭВМ. Площадь, занимаемая волокнами в сечении  $j$ -го слоя, определяется по формуле

$$S_j = \pi(r_{\max\_j}^2 - r_{\min\_j}^2)\eta . \quad (3)$$

где  $r_{\max\_j}$  и  $r_{\min\_j}$  – соответственно внутренний и наружный радиусы  $j$ -го слоя, м;  $\eta$  – полнота сечения пряжи.

Для участков волокон, находящихся в  $j$ -м слое, рассчитывается удлинение в соответствии с формулой [3]

$$\varepsilon_j = K_y \sqrt{1 + (2 \cdot \pi \cdot r_j \cdot K)^2} - 1 . \quad (4)$$

где  $r_j$  – приведенный радиус  $j$ -го слоя.

$$r_j = r_{\min\_j} + \frac{2}{\pi} (r_{\max\_j} - r_{\min\_j}) . \quad (5)$$

Для участков волокон, попадающих в стержневой слой, удлинение  $\varepsilon_k$  принимается равным нулю.

Для волокон каждого компонента  $i$  рассчитывается количество волокон в  $j$ -м слое пряжи

$$m_{ij} = \frac{S_j \beta_{Sij}}{S_{Bi}} , \quad (6)$$

где  $\beta_{Sij}$  – доля площади, занимаемая волокнами  $i$ -го компонента в сечении  $j$ -го слоя;  $S_{Bi}$  – площадь сечения волокна  $i$ -го компонента.

Из всех рассмотренных варианты распределений волокон компонентов по сечению пряжи возможными можно считать только те варианты, которые удовлетворяют следующим условиям:

1) в соответствии с условием (1) с учетом требуемой точности (1%)

$$\left| \frac{E_1 \bar{\varepsilon}_1}{E_2 \bar{\varepsilon}_2} - 1 \right| < 0,01 : \quad (7)$$

где  $\bar{\varepsilon}_i$  – среднее удлинение волокон  $i$ -го компонента,

2) отклонение количества волокон каждого компонента не должно превышать 1% от заданного значения  $m_i$

$$\left| \frac{\sum m_{ij}}{m_i} - 1 \right| < 0,01 . \quad (8)$$

где  $m_i$  – количество волокон  $i$ -го компонента в сечении пряжи.

Наиболее вероятное распределение волокон по сечению пряжи определяется как среднее из всех возможных вариантов.

$$\overline{\beta_{Sij}} = \frac{\sum_{j=1}^k \beta_{Sij}}{z} . \quad (9)$$

где  $z$  – количество возможных вариантов распределения волокон различных компонентов по сечению пряжи, удовлетворяющих условиям (6) и (7).

В соответствии с этим осуществлено моделирование процесса миграции для двухкомпонентной пряжи различного состава при различном количестве рассматриваемых зон в сечении пряжи. Установлено, что для пряжи малой и средней линейной плотности наиболее целесообразно осуществлять разделение сечения на два слоя: внешний и внутренний. Уменьшение количества слоев до двух позволяет уменьшить продолжительность и повысить дискретность, а следовательно, и точность вычислений. Кроме того, при увеличении

количества слоев до четырех толщина внешнего слоя становится меньше среднего диаметра одного волокна. Следовательно, рассчитанное распределение компонентов в этом слое не может приниматься за распределение на поверхности пряжи.

При разделении сечения пряжи на два слоя доля площади, занимаемой волокнами компонентов в каждом слое, изменялась с дискретностью в 0,2%. Таким образом, количество исследованных вариантов составило  $501^2 = 251001$ .

Анализируя полученные в результате моделирования данные, можно отметить, что перераспределение волокон компонентов практически не зависит от крути и линейной плотности пряжи. На основании обработки результатов получены формулы для расчета параметров, характеризующих перераспределение разнородных волокон по сечению пряжи. Установлено, что доля, занимаемая волокнами 1-го компонента во внешнем слое пряжи, может рассчитываться по формуле

$$\beta'_{S1} = \frac{1}{\left(1 + \frac{\beta_2 \gamma_1 E_1}{\beta_1 \gamma_2 E_2}\right)}. \quad (10)$$

где  $\gamma_i$  – плотность волокон  $i$ -го компонента;  $\beta_i$  – доля  $i$ -го компонента в смеси по массе.

Доля 1-го компонента по массе компонентов во внешнем слое пряжи рассчитывается по формуле

$$\beta'_1 = \frac{1}{\left(1 + \frac{\beta_2 E_1}{\beta_1 E_2}\right)}. \quad (11)$$

Доля, занимаемая волокнами 1-го компонента в площади поверхности пряжи, рассчитывается по формуле

$$\beta_{P1} = \frac{1}{\left(1 + \frac{\beta_2 E_1 \sqrt{T_{B1} \gamma_1}}{\beta_1 E_2 \sqrt{T_{B2} \gamma_2}}\right)}. \quad (12)$$

где  $T_{Bi}$  – линейная плотность волокон  $i$ -го компонента, текс.

Полученные модели подтверждаются экспериментально для пряжи различного состава. Так, в [4] приводятся результаты экспериментальных исследований по определению миграции шерстяных и вискозных волокон в гребеной пряже линейной плотности 22,2 текс с использованием метода Н.И. Ратиани. Данный экспериментальный метод наиболее близок к описанному методу моделирования, так как также предполагает разбиение сечения пряжи по нейтральному слою. Исследованная пряжа состояла из 50% шерстяных волокон 70/64<sup>K</sup> и 50% вискозных волокон линейной плотности 0,312 текс.

В результате обработки результатов экспериментальных исследований получены следующие доли площади внешнего слоя, занимаемые волокнами компонентов:

- шерстяное волокно – 0,659;
- вискозное волокно – 0,341.

В результате вычислений по формуле (12) установлено, что расчетная доля площади поверхности пряжи, занимаемая шерстяными волокнами, составила 0,684, а вискозным волокном – 0,316.

Незначительное отклонение экспериментальных данных, приведенных в работе [4], от расчетных связано с различиями в методиках определения диаметра пряжи и нейтрального слоя, а также с погрешностью в оценке свойств смешиваемых волокон. Однако необходимо отметить, что данное отклонение допустимо для проведения практических расчетов.

Таким образом, формулы (10) – (12) можно использовать для прогнозирования результатов миграции волокон в двухкомпонентной пряже различного состава, полученных кольцевым способом прядения.

Например, с применением полученных формул осуществлен расчет параметров меланжевой хлопкополиэфирной пряжи, который показал тенденцию перемещения хлопковых волокон к центру пряжи. Эта тенденция усиливается при увеличении процентного вложения химических волокон. Данный эффект, подтвержденный экспериментально, может быть использован для создания более яркого цветового эффекта при производстве меланжевой пряжи с ограниченным процентным вложением цветного химического волокна.

#### Выходы

1. Разработана модель, описывающая перераспределение разнородных волокон по сечению двухкомпонентной пряжи.
2. На основании анализа результатов моделирования получены формулы для расчета параметров внешнего слоя двухкомпонентной пряжи, которые могут использоваться при прогнозировании цвета меланжевой пряжи, а также при оптимизации состава смесей для производства пряжи, состоящей из натуральных и химических волокон, с целью достижения требуемого органолептического восприятия.

#### Литература

1. Рыклин Д.Б. Исследование миграции волокон по сечению пряжи при кручении // Вестник УО «ВГТУ». Вып. 9. – Витебск: УО «ВГТУ», 2005. – С. 28 – 32.
2. Корицкий К.И. Основы проектирования свойств пряжи / К.И. Корицкий. – Москва: Гизлэгпром, 1963. – 248 с.
3. Рыклин Д.Б. Производство многокомпонентных пряж и комбинированных нитей: [монография] / Д.Б. Рыклин, А.Г. Коган. – Витебск: УО «ВГТУ», 2002. – 215 с.
4. Рацкован И.Г. Методы оценки распределения волокон по поперечным сечениям пряжи / И.Г. Рацкован. – М.: Легкая индустрия, 1970. – 200 с.