

ГИПОТЕТИЧЕСКАЯ НЕРОВНОТА СМЕШИВАНИЯ ВОЛОКОН В ИДЕАЛЬНОМ МНОГОКОМПОНЕНТНОМ ПРОДУКТЕ

Д.Б. РЫКЛИН

(Витебский государственный технологический университет)

В настоящее время производство многокомпонентных пряж составляет значительную долю общего мирового объема выпуска пряжи. Известно, что сочетание волокон нескольких видов позволяет получить пряжу, обладающую комплексом ценных свойств, присущих ее отдельным компонентам. Однако это утверждение является справедливым только при качественном смешивании компонентов. При плохом смешивании происходит повышение неровноты по всем свойствам пряжи, снижение стабильности технологических процессов ее производства и переработки.

Одним из главных критериев качества смешивания является квадратическая неровнота смешивания, определяемая по следующей формуле [1]:

$$C_{см}^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k C_{\beta i}^2, \quad (1)$$

где k – количество смешиваемых компонентов; $C_{\beta i}$ – квадратическая неровнота по доле i -го компонента.

Формула (1) позволяет определить неровноту смешивания реального многокомпонентного волокнистого продукта и, кроме того, может быть использована для сравнения между собой нескольких продуктов с целью выявления рациональной технологии их производства.

Однако следует отметить, что из разных по составу смесей волокон даже при переработке по одной технологии могут быть получены пряжи, существенно отличающиеся по неровноте смешивания.

Известно, например, что введение в смесь компонента с малым процентным вложением приводит на практике к существенному увеличению неровноты смешивания. Это, в свою очередь, вызывает необходимость усложнения технологического процесса или использования специального оборудования, обеспечивающего точное дозирование этого компонента.

В результате возникает проблема, связанная с абсолютной оценкой качества смешивания. Анализируя качество смешивания, достигнутое при переработке неоднородных смесей волокон, необходимо знать, насколько фактическая неровнота смешивания превосходит минимально возможную.

Аналогичную функцию для оценки неровноты по линейной плотности выполняет гипотетическая неровнота идеального продукта, определяемая по формуле I.G. Martindale:

$$C_{\Gamma} = \frac{100}{\sqrt{m}}, \quad (2)$$

где m — среднее число волокон в сечении продукта.

Под идеальным продуктом, начиная с работ I.G. Martindale, понимают волокнистый продукт, для которого процесс появления переднего конца волокна (или другой характерной точки) на участке заданной длины является пуассоновским, то есть поток волокон рассматривается как пуассоновский стационарный поток событий.

При определении гипотетической неровноты по смешиванию так же можно исследовать волокнистый продукт, который отличается только тем, что состоит из нескольких сложенных вместе идеальных продуктов.

В результате имитационного моделирования такого продукта, состоящего из компонентов с одинаковыми длиной и линейной плотностью волокна, установлено, что между неровнотой C_{Γ} идеального двухкомпонентного продукта по линейной

плотности, средними долями компонентов β_1 и β_2 и неровнотой C_{β_1} и C_{β_2} по доле компонентов существуют следующие зависимости:

1) соотношение неровнот по доле компонентов обратно пропорционально соотношению долей компонентов:

$$\frac{C_{\beta_1}}{C_{\beta_2}} = \frac{\beta_2}{\beta_1} \quad (3)$$

(данное соотношение может быть выведено аналитически для любого закона распределения масс отрезков компонентов);

2) произведение неровнот по доле компонентов равно квадрату неровноты идеального двухкомпонентного продукта по линейной плотности:

$$C_{\beta_1} C_{\beta_2} = C_{\Gamma}^2. \quad (4)$$

Отсюда формула для расчета минимальной неровноты по доле компонента будет иметь вид:

$$C_{\beta_1} = \sqrt{\frac{1-\beta_i}{\beta_i}} C_{\Gamma}. \quad (5)$$

С учетом того, что неровнота идеального продукта рассчитывается по формуле (2), получим, что неровнота по доле компонента, равномерно распределенного по длине идеального волокнистого продукта, определяется по формуле

$$C_{\beta_1} = 100 \sqrt{\frac{1-\beta_i}{m\beta_i}}. \quad (5)$$

Анализируя выражение (5), отметим, что неровнота распределения вдоль продукта i -го компонента повышается с уменьшением количества волокон в сечении продукта и доли компонента.

С учетом (5) формула (1) для расчета гипотетической неровноты смешивания для идеального двухкомпонентного продукта принимает вид:

$$C_{\text{см}} = 100 \sqrt{\frac{\frac{\beta_1}{m\beta_2} + \frac{\beta_2}{m\beta_1}}{2}} = 70,7 \sqrt{\frac{\beta_1^2 + \beta_2^2}{m\beta_1\beta_2}}. \quad (6)$$

Из (6) следует, что при производстве пряж малой линейной плотности и малом процентном содержании одного из компонентов достаточно сложно, а в ряде случаев и невозможно добиться низкой неровноты по составу и свойствам. Этот вывод подтверждается на практике.

Моделирование показало, что формула (5) справедлива при любом числе компонентов. В общем виде при числе компонентов k гипотетическую неровноту смешивания идеального продукта можно определить по формуле

$$C_{\text{см}} = C_{\Gamma} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \frac{1}{\beta_i}}{k}} - 1. \quad (7)$$

Интересный результат был получен при моделировании многокомпонентных волокнистых продуктов, комплексная неровнота которых включает периодические составляющие. В этом случае процесс появления конца волокна также рассматривается как пуассоновский, однако интенсивность потока является переменной и описывается следующим законом:

$$\alpha(t) = \alpha_0 \left(1 + \sum_j \alpha_j \sin(\omega_j t + \varphi_j) \right), \quad (8)$$

где $\alpha(t)$ – интенсивность потока – математическое ожидание количества передних концов волокон на участке заданной длины; α_0 – среднее количество концов волокон на участке заданной длины; α_j – амплитуда j -й периодической составляющей неровноты в долях от среднего значения; ω_j , φ_j – соответственно частота и начальная фаза j -й периодической составляющей не-

ровноты.

Такой волокнистый поток описывается как нестационарный пуассоновский поток событий.

Моделирование показало, что если значения α_j , ω_j и φ_j складываемых продуктов совпадают, то неровнота по линейной плотности многокомпонентного продукта повышается по сравнению с неровнотой гипотетического продукта, а неровнота смешивания остается неизменной и может быть рассчитана по формуле (7).

При различных значениях параметров периодических составляющих неровноты компонентов продукта по линейной плотности неровнота смешивания намного превышает значение, рассчитанное с помощью (7).

Таким образом, полученная формула может быть использована для оценки неровноты смешивания и сравнения эффективности различных способов смешивания волокон при производстве неоднородных пряж различных составов.

ВЫВОДЫ

1. Получена формула для расчета гипотетической неровноты идеального продукта, которая может быть использована для оценки неровноты смешивания при производстве неоднородных пряж различных составов.

2. Установлено, что гипотетическая неровнота смешивания увеличивается при уменьшении количества волокон в сечении идеального волокнистого продукта и доли одного или нескольких компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: Учебник для вузов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических волокон. Поступила 20.01.06.