

УДК 677.11.620

Применение автоматизированной подсистемы для оценки структурных показателей неровноты продуктов прядения

С.Г. Смирнова, П.Н. Рудовский, А.П.Соркин.

(Костромской государственный технологический университет)

Предлагается автоматизированная подсистема для оценки структурных показателей неровноты продуктов прядения.

В лабораториях текстильных предприятий о неравномерности продукта по заданному свойству (линейной плотности и разрывной нагрузке) судят по значению его квадратичной неровноты [1]. Однако единственное числовое значение неровноты не может учесть и оценить характер изменения свойств исследуемого параметра, который может быть различен: случайный, периодический, функциональный и т.д.[2]

Причинами периодической неровноты продуктов прядения являются периодически действующие факторы, главным образом дефектные органы технологического оборудования. Случайная неровнота возникает в процессе утонения продукта и сдвига волокон в вытяжном приборе машин, имеющем случайный характер. Для льняной пряжи характерен сложный комбинированный вид структурной неровноты.

В настоящее время для определения характера структурной неровноты продуктов прядения используют несколько методов [1], наиболее эффективным является метод спектрального анализа неровноты продуктов прядения.

В начале 90-х гг. прошлого столетия коллективом под руководством профессора В.П. Хавкина были созданы автоматизированные комплексы контроля неровноты линейной плотности продуктов прядения КЛА–1 и КЛА–2 [3] с соответствующими программными продуктами на базе операционной системы MS DOS.

На сегодняшний день создан комплекс КЛА–М [4], который является модернизированным вариантом лабораторных комплексов КЛА–1 и КЛА–2. Целью модернизации стало повышение эксплуатационных характеристик устройств за счет сопряжения измерительных блоков устройств КЛА с современным персональным компьютером, работающим под управлением операционных систем семейства WINDOWS, что упростило бы диалог с пользователем за счет диалоговых форм и кнопочного меню. Для обеспечения такой возможности внесен ряд изменений в конструкцию электронных блоков устройства и разработано новое программное обеспечение.

Данный комплекс позволяет определять показатели качества продукта и технологического процесса. Эти показатели определяются путем сравнения спектрограмм идеального и реального спектра продукта. Анализ спектров неровноты продуктов прядения льна в зоне работы вытяжного прибора позволяет определить важные показатели структуры комплексов льняных волокон в продуктах прядения (средняя линейная плотность (\bar{T} , мтекс), средняя длина комплексов волокон (\bar{l} , мм), коэффициент вариации по длине волокон (C_l %)). А также дисперсию неровноты продукта по линейной плотности в зоне вытягивания 10-400 мм (C_v^2), равную площади под кривой спектра неровноты в этой области. Количественная оценка приведенных выше параметров помогает раскрыть характер и структуру неровноты продукта [2] и может быть использована при расчете прочностных характеристик продуктов прядения [5]. Результаты вычисления спектра дисперсий для интервалов с различными длинами волн могут быть использованы для диагностики технического состояния технологического оборудования.

Однако названные программные комплексы имеют ряд недостатков:

1. Определение числовых характеристик продукта проводится в режиме *ручного* подбора значений описанных выше параметров и

предполагает сначала ввод приближенных числовых характеристик, а затем их изменение до наилучшей сходимости графиков рабочего и идеального спектров, определение которой проводится *визуально*. В результате такого анализа показатели структуры комплексов волокон в продуктах прядения (\bar{T} , мтекс; \bar{l} , мм) определяются *субъективно*, лишь на базе опыта и знаний оператора, что, в свою очередь, требует от него *высокой* квалификации и знания процесса, что не всегда возможно.

2. Подбор показателей структуры комплексов волокон и построение графиков сравнения эталонного (усредненного рабочего) и идеального спектров проводится в разных экранных формах и просмотр возможен только после сохранения значений заданных показателей во внешний файл, что приводит к неудобству для пользователя и увеличивает временные затраты на обработку.

В связи с этим ставится задача создания подсистемы, позволяющей в автоматизированном режиме определять показатели структуры комплексов волокон в продуктах прядения из условия наилучшей сходимости рабочего и идеального спектра.

Программа должна отвечать следующим требованиям:

1. Работать с операционными системами семейства Windows;
2. Иметь удобный и простой для неопытного пользователя интерфейс;
3. Осуществлять автоматический подбор оптимальных параметров теоретической функции, при которых отклонения от реальной функции будут минимальными (по результатам оптимизации);

В рамках поставленной задачи в статье [6] приведены математические модели для построения непрерывного спектра идеального продукта и определения показателей структуры комплексов волокон в продуктах прядения. Поскольку расчет проводится для дискретного спектра, то есть

для определенного набора длин волн λ_i , то соответственно математические модели примут следующий вид:

в случае если принять, что продукт образован из волокон одинаковой длины:

$$Ah(\lg \lambda_i) = K \frac{\sin \frac{\pi l}{\lambda_i}}{\sqrt{\frac{\pi l}{\lambda_i}}}, \quad (1)$$

где $Ah(\lg \lambda_i)$ – амплитуда колебаний, соответствующая длине волны λ ($\lambda_i=10..400$ мм);

l – длина волокна, мм;

K – постоянный для данной пряжи коэффициент.

$$K = \sqrt{\frac{T_e}{\pi T}}, \quad (2)$$

здесь T, T_e – средняя линейная плотность пряжи и волокна, мТекс.

Если продукт образован из волокон разной длины, причем штапельная диаграмма представляет наклонную прямую линию (трапецевидный штапель), то

$$Ah(\lg \lambda_i) = \frac{K\lambda^2}{l_m - l_0} \left[\left(\frac{2\pi l_m}{\lambda_i} - \sin \frac{2\pi l_m}{\lambda_i} \right) - \left(\frac{2\pi l_0}{\lambda_i} - \sin \frac{2\pi l_0}{\lambda_i} \right) \right], \quad (3)$$

где l_m, l_0 – максимальная и минимальная длина волокон.

Изменяя значения средней длины и линейной плотности волокна (если продукт образован из волокон одинаковой длины) или минимальной (l_m), максимальной (l_0) длин волокна и его линейной плотности (если продукт образован из волокон разной длины) строится оптимизационный график из условия нахождения наименьшего значения целевой функции

СКО. Целевая функция (показатель эффективности принимаемого решения) имеет следующий вид:

$$CKO = \sum_{\lambda_i=10}^{400} (Ah_t [\lg \lambda_i]^2 - Ah [\lg \lambda_i]^2), \quad (4)$$

где $Ah(\lg \lambda_i)$ и $Ah_t(\lg \lambda_i)$ экспериментальное и теоретическое (расчетное) значение неровноты в λ_i -й точке спектра;

CKO – сумма разностей квадратичных отклонений между значениями экспериментальной и теоретической функций в λ_i -х точках спектра.

Критерий оптимальности, в нашем случае, нахождение наименьшей суммы разностей квадратичных отклонений между теоретической и экспериментальной функциями: $CKO \rightarrow \min$.

По результатам построения оптимизационного графика из формул 1 и 3 определяются структурные показатели волокна (T_θ , l_θ) и вычисляется дисперсия неровноты продукта по линейной плотности в зоне вытягивания 10-400 мм (CV^2)

$$CV^2 = \frac{100^2 \cdot K_0^2}{n} \quad (5)$$

где K_0 – постоянный коэффициент ($K_0 = 1.3$ для льна);

n – среднее число волокон в поперечном сечении пряжи;

$$n = \frac{T}{T_\theta} \quad (6)$$

Подсистема автоматизированного расчета показателей структурной неровноты продуктов прядения реализована посредством среды программирования Delphi на основе метода покоординатного спуска многомерной безусловной оптимизации [5], одна из рабочих форм которого представлена на рисунке 1. Здесь график зеленого цвета – теоретический график, полученный по результатам оптимизации, красный график

построен по исходным данным числовых характеристик спектра. Результаты автоматической обработки представлены в окне <Оптимизация>. Полное описание алгоритма и методики работы подсистемы представлено в работе [6].

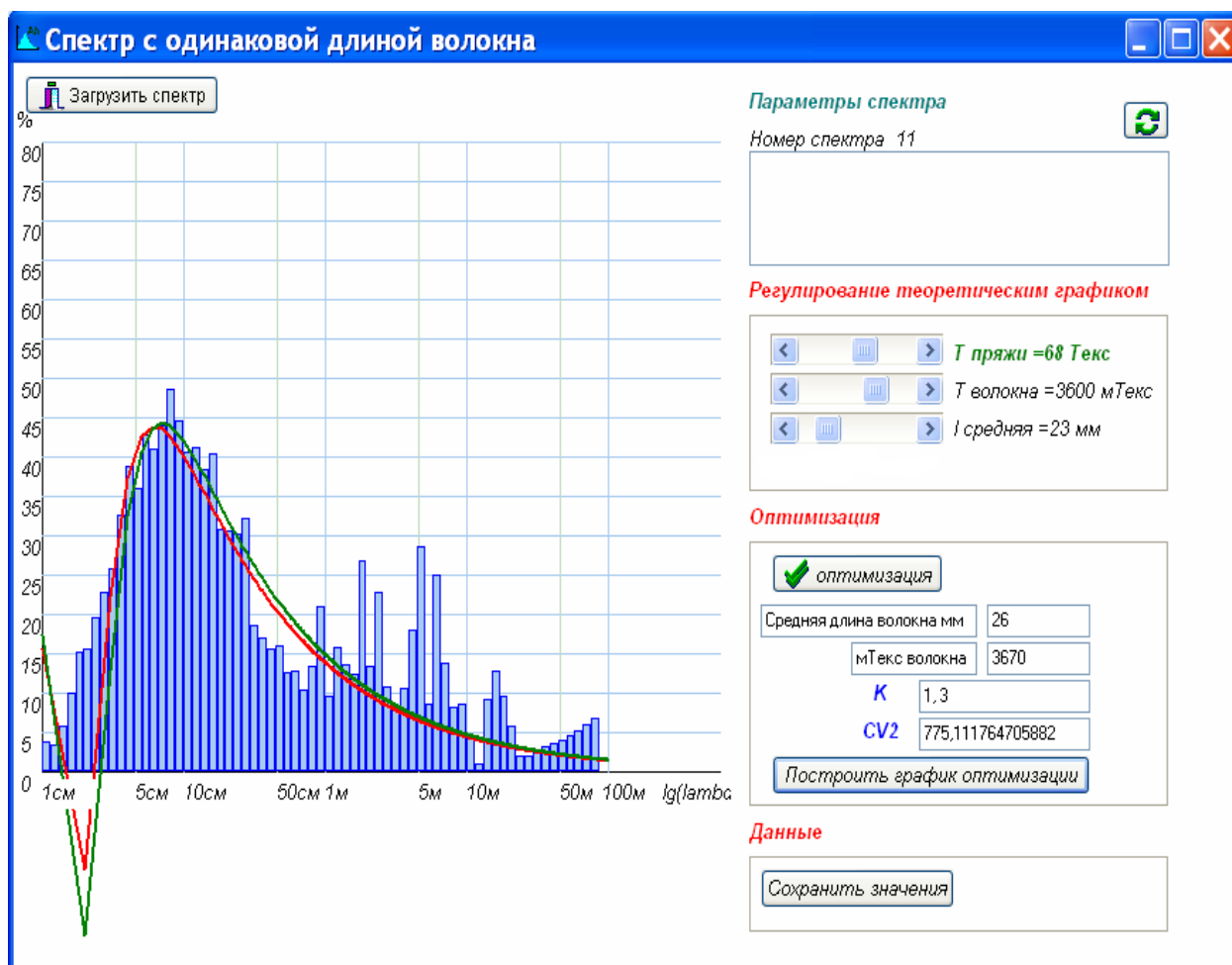


Рис.1 Пример окна рабочей формы.

Предварительные эксперименты проводились на льняной суровой пряже 68, 56 и 48 текс из ленты, выработанной на БКЛМ «Актив». Образцы пряжи длиной 100 метров прогонялись через комплекс КЛА-2 в пятикратной повторности. Были получены спектры неровноты исследуемых образцов пряж и их числовые характеристики. В результате *ручного* подбора на основе *визуального* сравнения идеального (теоретического) и эталонного (усредненного реального) спектров квалифицированным

оператором определены показатели структурной неровноты исследуемых образцов пряжи, которые представлены в таблице 1. Полученные числовые характеристики спектров были использованы в качестве исходных данных для построения графика реального спектра в подсистеме контроля структурной неровноты продуктов прядения, а показатели структуры, в качестве контрольных значений, характеризующих правильность работы предлагаемой подсистемы. По методике, описанной в [6] была проведена обработка числовых характеристик спектров, результаты которой представлены в таблице 1.

Результаты обработки

Таблица 1.

Исследуемые характеристики	По данным КЛА- 2 в результате ручной обработки	По данным автоматизирован -ной подсистемы
1	2	3
Номер спектра	7	
Линейная плотность пряжи T , текс	48	
Средняя длина волокна l_v , мм	28	28
Линейная плотность волокна T_v , мтекс	4100	4070
Дисперсия, CV^2	1223	1174
Номер спектра	11	
Линейная плотность пряжи T , текс	68	
Средняя длина волокна l_v , мм	23	26
Линейная плотность волокна T_v , мтекс	3600	3670
Дисперсия, CV^2	770	756
Номер спектра	10	
Линейная плотность пряжи T , текс	56	
Средняя длина волокна l_v , мм	21	23
Линейная плотность волокна T_v , мтекс	2900	2930
Дисперсия, CV^2	770	773

Из представленных результатов видно, что данная подсистема автоматизированного расчета параметров штапельной диаграммы пряжи по результатам анализа спектра неровноты в достаточной степени повторяет данные, полученные в результате ручной обработки на комплексе КЛА–2.

Таким образом, можно говорить о целесообразности ее использования при определении показателей структуры комплексов волокон в продуктах прядения с целью существенной экономии времени при проведении исследований.

Предложенная подсистема контроля структурной неровноты продуктов прядения может быть использована для анализа пряжи различной линейной плотности при широком диапазоне изменения определяемых параметров. В таблице 2 представлены диапазоны изменения исследуемых параметров.

Диапазоны изменения исследуемых параметров

Таблица 2

Параметры	Диапазоны
Линейная плотность пряжи, текс	11-110
Линейная плотность волокна, мтекс	270-5000
Длина волокна, мм	15-60

Для дальнейшего совершенствования подсистемы необходимо ввести дополнительный блок фильтрации данных спектра с целью ликвидации воздействия периодической неровноты, вызванной дефектами рабочих органов оборудования. Пики на спектрах, вызванные дефектами оборудования вносят погрешность в результаты обработки спектров и определения характеристик волокна. Для устранения этой погрешности в существующих системах КЛА–2 и КЛА–М предполагается усреднение спектров по нескольким повторностям. Однако если образцы наработаны на одной и той же машине, то данная методика является малоэффективной.

Выводы

1. Предложенная подсистема позволяет в автоматическом режиме оценить структурные показатели неровноты продуктов прядения.
2. Из представленных результатов видно, что представленная подсистема автоматизированного расчета параметров штапельной диаграммы пряжи по результатам анализа спектра неровноты в достаточной степени повторяет данные, полученные в результате ручной обработки на КЛА–2. Таким образом, можно говорить о целесообразности ее использования при определении показателей структуры комплексов волокон в продуктах прядения с целью существенной экономии времени при проведении исследований.
3. Данная подсистема нуждается в доработке и должна учитывать влияние на характер изменения спектра таких факторов, как дефектные органы технологического оборудования, являющихся причиной возникновения периодической неровноты продуктов прядения

Литература

1. Севостьянов А.Г. Методы исследования неровноты продуктов прядения. М.: Ростехиздат – 1962.385 с.
2. Жуков В.И., Григорович У.Ю. Определение показателей качества продуктов прядильного производства с помощью измерительной установки КЛА – 2. Метод. указ. – Кострома, КГТУ, 1995,–32 с.
3. Жуков В.И., Титова У.Ю. Определение показателей качества продуктов прядильного производства с помощью установки КЛА–М. Метод. указ. – Кострома, КГТУ, 2009,–32 с.

4. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легпромиздат, 1991. – 256 с.
5. Смирнова С.Г. Влияние обвивочных волокон на прочность некрученной ровницы из льна/ С.Г. Смирнова, П.Н.Рудовский // Вестник КГТУ, Кострома, 2010, №1(23), с.34-37
6. Смирнова С.Г. Подсистема автоматизированного расчета параметров штапельной диаграммы пряжи по результатам анализа спектра неровноты./ С.Г. Смирнова, М.С. Нехорошкина // Вестник КГТУ. – 2011.

S.G.Smirnova, P.N.Rudovsky, A.P. Sorkin.