

УДК 677.021

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ СОВЕРШЕНСТВА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРЯДЕНИЯ ПО
АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫМ СПЕКТРОГРАММАМ***

В.А. БОРИСОВ

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

Наибольшее распространение при определении качественных показателей пряжи и полуфабрикатов с целью оценки степени совершенства технологических процессов прядения получили статистические методы контроля неровноты по линейной плотности [1...7] на специализированных измерительных комплексах с емкостными датчиками как отечественного, так и иностранного производства.

Расчет необходимой длины продукта L , для испытания с гарантированной относительной ошибкой – δ_C (%) можно проводить по следующим зависимостям:

$$L = (2 \cdot 100^2 \bar{\ell}) / \delta_C^2, \quad \text{если } C < 20\%, \quad (1)$$

$$L = ((2 \cdot 100^2 \bar{\ell}) / \delta_C^2) \left[1 + 2(C/100)^2 \right], \quad \text{если } C \geq 20\%, \quad (2)$$

где $\bar{\ell}$ – средняя длина волокон, мм; C – квадратическая неровнота по линейной плотности ленты, ровницы, пряжи в коротких отрезках, %.

Время испытания t на приборе зависит от $V_{пр}$ – скорости продвижения продукта через измерительный датчик и рассчитывается так:

$$t = L / V_{пр}. \quad (3)$$

* Работа выполнена по гранту МГТУ им. А.Н. Косыгина для поддержки молодых ученых 2007 г.

Известные методики для определения степени совершенства технологических процессов прядения сводятся к определению индекса (I) и уровня (J) неровноты, величины которых определяются по соответствующим соотношениям:

$$I = C_{V_{\text{ФАКТ}}} / C_{V_{\text{ГИП}}} = (C_{V_{\text{ФАКТ}}} \sqrt{\bar{m}}) / 106, \quad (4)$$

$$J = (C_{V_{\text{ФАКТ}}} \sqrt{\bar{m}}) / (50k), \quad (5)$$

где $C_{V_{\text{ФАКТ}}}$ – фактическая квадратическая неровнота по прибору УТ, %; $C_{V_{\text{ГИП}}}$ – гипотетическая неровнота, %; \bar{m} – среднее число волокон в поперечном сечении продукта; $k = 1,06$ – коэффициент для хлопкового волокна.

Анализ степени совершенства технологических процессов прядения по индексу неровноты показывает снижение последнего по мере утонения продукта.

Для определения степени совершенства технологических процессов производства кардной и гребенной хлопчатобумажной пряжи линейной плотности $T_{\text{ПР}} = 25$ текс были проведены испытания и определены величины гипотетических неровнот и индексы неровноты.

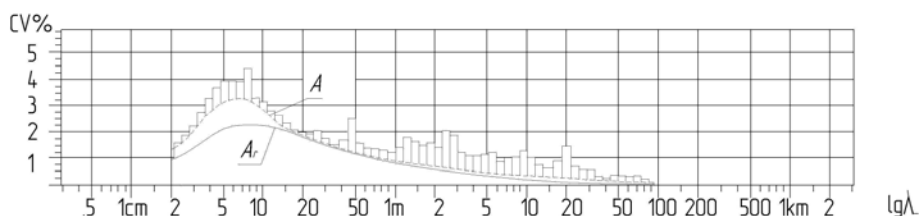


Рис. 2

На рис. 2 представлена спектрограмма $A(\lambda)$, полученная в результате испытаний пряжи на приборе УТ-4SE. Реальный амплитудный спектр в зависимости от длины волны λ представлен кривой A. Кривая A_r представляет собой непрерывный амплитудный спектр волн, которые образуют неровноту по толщине гипотетических (идеальных) полуфабрикатов и пряжи, то есть таких продуктов прядения, в которых волокна имеют случайное расположение. Аналитическое описание реального ам-

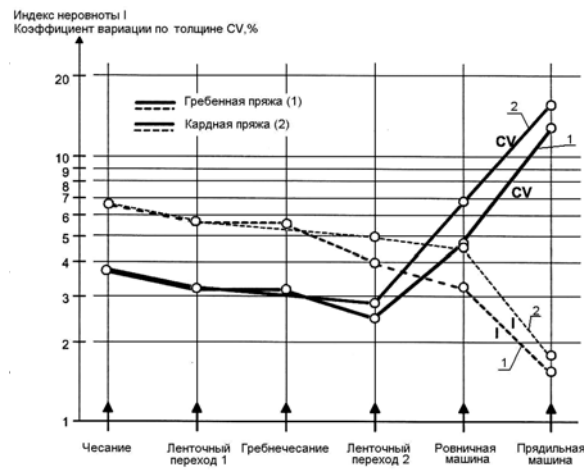


Рис. 1

На рис. 1 представлены графики изменения индекса неровноты (I) и коэффициента вариации по толщине (CV) по переходам гребенной и кардной систем хлопкопрядильного производства.

В исследованиях использовали метод определения степени совершенства технологических процессов прядения по отношению площадей между реальным и идеальным амплитудными спектрами. Чем ближе отношение площадей к единице, тем более совершенна система прядения, применяемая при производстве пряжи.

плитудного спектра A затруднено, и это не позволяет проводить расчетное определение площади под ним. В связи с этим решалась задача интерполяции реального амплитудного спектра A.

Если продукт образован из волокон разной длины, причем штапельная диаграмма представляет наклонную прямую линию (трапециевидный штапель), то можно построить спектр для идеального продукта по формуле:

$$A_{\Gamma}(\lg \lambda) = \frac{k\lambda}{\sqrt{\ell_m - \ell_0}} \sqrt{\left(\frac{2\pi\ell_m}{\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_m}{\lambda}\right)\right)\left(\frac{2\pi\ell_0}{\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_0}{\lambda}\right)\right)}, \quad (6)$$

где ℓ_m, ℓ_0 – максимальная и минимальная длины волокна, мм; k – коэффициент усиления, рассчитывается; λ – длина волны, задается от $\lambda = 1$ см до $\lambda = 200$ см, с интервалом $\Delta\lambda = 5$ см;

$$k = 2K_M \overline{T_B} \sqrt{\overline{m\ell}}, \quad (7)$$

где K_M – масштабный коэффициент; $\overline{T_B}$ – средняя линейная плотность волокон, текс; $\overline{\ell}$ – средняя длина волокон, мм; \overline{m} – сред-

нее число волокон в поперечном сечении продукта.

Анализ зависимости (6) позволяет сделать вывод о возможности ее использования в качестве базового варианта интерполирующей функции для описания реального амплитудного спектра. Проведенные расчеты показали сложность описания фактического амплитудного спектра одной непрерывной зависимостью, однако установлено, что возможно описание фактического амплитудного спектра в виде кусочно-непрерывной кривой, задаваемой зависимостью:

$$A_{\text{и}}(\lg \lambda) = \begin{cases} \frac{k\lambda}{(\ell_m - \ell_0)^Z} \left[\left(\frac{2\pi\ell_m}{t_1(\lambda)} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_m}{t_2(\lambda)}\right) \right) \left(\frac{2\pi\ell_0}{t_3(\lambda)} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_0}{t_4(\lambda)}\right) \right) \right]^Z & 2 \leq \lg \lambda \leq 30 \\ \frac{k\lambda}{\sqrt{\ell_m - \ell_0}} \sqrt{\left(\frac{2\pi\ell_m}{d_1\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_m}{d_2\lambda}\right)\right)\left(\frac{2\pi\ell_0}{d_3\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_0}{d_4\lambda}\right)\right)} N & 30 < \lg \lambda \leq 200 \end{cases}, \quad (8)$$

где Z, d_1, d_2, d_3, d_4, N – коэффициенты математической модели; $t_1(\lambda), t_2(\lambda), t_3(\lambda), t_4(\lambda)$ – функции длины волны λ , каждая из которых описывается уравнением вида:

$$t_i(\lambda) = a_i\lambda + b_i e^{c_i}, \quad (9)$$

где a_i, b_i, c_i – коэффициенты математической модели i -й функции $t_i(\lambda)$; e – число Эйлера (основание показательной функции).

Интерполяция проводилась с использованием стандартных средств пакета MathCAD по результатам, полученным при испытании следующих образцов пряжи: 1) пряжа, выработанная на кольцевых пря-

дильных машинах: хлопок (100%), хлопок + химические волокна, химические волокна; 2) пряжа, выработанная на пневмомеханических прядильных машинах: хлопок(100%), хлопок + химические волокна, химические волокна.

Для пряжи, выработанной на кольцевых прядильных машинах, также рассматривались случаи выработки пряжи по гребенной системе прядения.

Функция, описывающая фактический амплитудный спектр пряжи линейной плотности $T_{\text{ПР}} = 25$ текс, выработанной на кольцевых прядильных машинах по кардной системе прядения из волокон хлопка, имеет вид:

$$A_{\Phi}(\lg \lambda) = \begin{cases} \frac{k\lambda}{(\ell_m - \ell_0)^{1,387}} \left[\left(\frac{2\pi\ell_m}{0,75\lambda + 1,912e^{1,692}} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_m}{-9,844 \cdot 10^{29}\lambda + 0,987e^{0,985}}\right) \right) \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{2\pi\ell_0}{0,761\lambda + 7,911e^{1,706}} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_0}{-1 \cdot 10^{30}\lambda + 0,988e^{0,986}}\right) \right) \right]^{1,387} & 2 \leq \lg \lambda \leq 30 \\ \frac{k\lambda}{\sqrt{\ell_m - \ell_0}} \sqrt{\left(\frac{2\pi\ell_m}{0,627\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_m}{18,9\lambda}\right) \right) \times \left(\frac{2\pi\ell_0}{1,25\lambda} - \sin\left(\frac{2\pi\ell_0}{1,388\lambda}\right) \right)} \cdot 0,999 & 30 < \lg \lambda \leq 200 \end{cases} \quad (10)$$

На рис. 3 представлены следующие графики зависимостей: 1 – кривая, описывающая фактический амплитудный спектр;

2 – кусочно-непрерывная кривая (по уравнению (10)), 3 – гипотетическая кривая (по уравнению (6)).

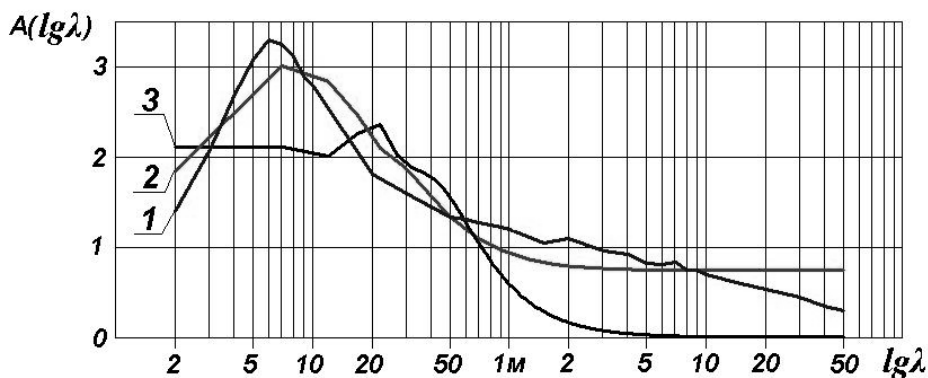


Рис. 3

Для определения площади под фактическим амплитудным спектром необходимо производить расчет по формуле:

$$S_{\Phi} = S_{2 \leq \lg \lambda \leq 30} + S_{30 < \lg \lambda \leq 200}, \quad (11)$$

где $S_{2 \leq \lg \lambda \leq 30}$, $S_{30 < \lg \lambda \leq 200}$ – расчетные площади под соответствующими функциями (10).

Для вычисления площади под кривой (10) удобно использовать метод МОНТЕ-КАРЛО, который в рассматриваемом случае позволяет дать оценку площади по формуле

$$F_N = A(n_s / N), \quad (12)$$

где n_s – число точек, удовлетворяющих условию $y_i \leq f(x_i)$; $f(x_i)$ – функция, под которой определяется площадь; N – полное количество точек (сгенерированных пар случайных чисел (координат (x_i, y_i)), равномерно распределенных в прямоугольнике высотой H и длиной ab , описывающем рассматриваемую функцию): $a \leq x_i \leq b$; $0 \leq y_i \leq H$; A – площадь прямоугольника.

№ п/п	Содержание этапа	Используемые средства
1	Определение коэффициентов математических моделей (интерполяция)	MathCAD, зависимость (7)
2	Расчет гипотетического спектра.	MathCAD, зависимость (5)
3	Оценка площадей под полученными функциональными зависимостями	MathCAD, зависимость (10)
4	Вычисление отношения площадей	MathCAD, зависимость (11)

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Содержание этапа	Используемые средства
1	Сканирование спектрограммы.	Сканер
2	Построение фактической и гипотетической кривых и их масштабирование с целью последующего совмещения со спектрограммой.	MathCAD, графические редакторы изображений
3	Оценка площадей под кривыми на спектрограмме	Компас-3D
4	Вычисление отношения площадей	MathCAD

Результаты, полученные по разработанной (аналитической) методике (табл. 1), сравнивались с результатами, полученными по ранее разработанной автором графической методике (табл. 2). Цель рассматриваемых методик заключалась в определении степени совершенства технологических процессов прядения.

Степень совершенства технологических процессов и системы прядения предлагается оценивать по отношению площади под кривой экспериментальной к площади под кривой гипотетической:

$$S_0 = \frac{\sum_{i=1}^{j=L} A_{\Phi}(\lg \lambda)}{\sum_{i=1}^{j=L} A_{\Gamma}(\lg \lambda)}, \quad (13)$$

где L – длина реализации, м.

Для рассматриваемого случая: $S_0=1,324$ (по методике табл. 1) и $S_0 = 1,271$ (по методике табл. 2).

Для оценки степени совершенства технологических процессов прядения составлена табл. 3.

Т а б л и ц а 3

$1 < S_0 \leq 1,3$	Технологический процесс приближается к идеальному
$1,3 < S_0 \leq 2$	Технологический процесс несовершенен
$S_0 = 1$	Идеальный случай

В Ы В О Д Ы

1. Установлен характер и вид функциональной зависимости для описания фактического амплитудного спектра.

2. На основании установленной зависимости разработана методика определения степени совершенства технологических процессов прядения средствами метода МОНТЕ-КАРЛО.

Л И Т Е Р А Т У Р А

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

2. Севостьянов А.Г. Современные методы исследования неровноты продуктов хлопкопрядения. – М.: Легкая индустрия, 1966.

3. Севостьянов А.П. Математические методы обработки данных. Учебное пособие для вузов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004.

4. Севостьянов А.П. Компьютерное моделирование технологических систем и продуктов прядения. – М.: Информ-Знание, 2006.

5. Поринев С.В. Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета MathCAD. Учебное пособие. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004.

6. Черников А.Н. Неровнота полуфабрикатов и пряжи в хлопкопрядильном производстве/Конспект лекций. – М.: МТИ, 1989.

7. Коробов Н.А. Развитие теории и практики построения методов измерения характеристик строения текстильных материалов с использованием современных информационных технологий: Дис... докт. техн. наук. – Иваново, 2006. С.3, 24, 51.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка. Поступила 22.01.08.