

**ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ОБНАРУЖЕНИЯ
ЛОКАЛЬНОЙ НЕРОВНОТЫ ПРОДУКТОВ ПРЯДЕНИЯ**

**ABOUT ONE DETECTION METHOD
OF THE LOCAL SPINNING PRODUCT UNEVENNESS**

К.Э. РАЗУМЕЕВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Т.А. САМОЙЛОВА, М.Л. ТИХОМИРОВА
K.E. RAZUMEEV, P.A. SEVOSTYANOV, T.A. SAMOYLOVA, M.L. TIKHOMIROVA

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: petrsev46@yandex.ru

Предложен новый метод обработки результатов экспериментальных измерений неровноты продуктов прядения для обнаружения изменений в дисперсии характеристики продукта.

A new method for processing the results of experimental measurements of the spinning product unevenness is proposed to detect changes in the dispersion of product characteristics.

Ключевые слова: продукт прядения, неровнота, локальные нарушения стационарности, скользящие оценки.

Keywords: product of spinning, unevenness, local violations of evenness, moving estimates.

Неравномерность продуктов прядения: нитей, волокон, пряжи и др., – по некоторому свойству: плотности, площади и форме поперечного сечения, прочности, жесткости, составу и т.п., – является традиционным объектом внимания и интереса многих исследователей и производителей. Соответствующая числовая характеристика свойства описывается функцией $g(t)$, у которой t – координата, отсчитываемая вдоль продукта от некоторой начальной точки. Как правило, эта функция содержит

случайную составляющую, которая маскирует закономерные особенности неравномерности нити.

Анализ неравномерности проводят: 1) для оценки неровноты и определения ее структуры по длине продукта в целом; 2) для обнаружения "выбросов", то есть локальных нарушений общих свойств неровноты продукта, оценки их величины и идентификации источников возникновения. "Выбросы", то есть экстремальные отклонения некоторой характеристики продукта в боль-

шую или меньшую стороны, могут нарушить технологический процесс производства или отразиться на качестве и эксплуатационных характеристиках изделий из волокон, нитей или пряжи [1...3].

Исторически первым источником интегральной информации о неровноте волокнистых материалов были градиенты неровноты [1]. Эти характеристики и методы их вычисления были приспособлены к ручным методам получения информации о структуре функции $g(t)$. С появлением средств автоматического контроля, а затем и переходом к оцифровке результатов измерений градиенты ушли в прошлое. На замену им пришел гармонический анализ (ГА), описывающий структуру неровноты амплитудным спектром гармонических колебаний по длинам волн λ , содержащихся в неровноте. Неравномерность продукта в целом оценивают также автокорреляционной функцией и числовыми характеристиками: средним, медианой, модой, дисперсией, среднеквадратическим отклонением (СКО), коэффициентом вариации, индексом неровноты, размахом, и др. [1], [4]. Несмотря на популярность ГА и частотных спектров, существуют альтернативные методы оценки неравномерности волокнистых материалов. В обобщенном ГА вместо гармоник используют другие, более удобные для реализации, системы ортогональных функций [5]. В сингулярном спектральном анализе (ССА-SSA) систему ортонормированных функций строят на основе самой функции $g(t)$, задаваясь уровнем ее структурирования. Эти методы позволяют выделить глобальные особенности структурной неровноты волокнистого продукта, недоступные ГА [6...8].

Для обнаружения локальных нарушений неравномерности наиболее эффективным считают вейвлет-анализ (ВА) [9]. Как ГА и ССА, он основан на вычислении корреляции R потока данных $x(t)$, $t = 1, 2, \dots, N$ с заранее выбранными функциями $z(t)$, образующими систему ортонормированных функций:

$$R = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} x(t)z(t)dt.$$

Очевидно, что R будет иметь наибольшее значение, если формы обеих функций $x(t)$ и $z(t)$ совпадают. ВА в качестве $z(t)$ использует заранее выбранные функции – вейвлеты. Форма вейвлета должна соответствовать форме ожидаемого нарушения стационарности $x(t)$, чтобы получить наибольшее значение R . Интервал интегрирования "скользит" вдоль реализации. Чем выше корреляция R , тем больше коэффициенты вейвлет-разложения $x(t)$ на интервале, что позволяет надеяться на обнаружение участка "выброса". Однако исследования на модельных примерах показали [10], что ВА не позволяет распознать многие важные и часто встречающиеся виды неравномерности. Поэтому создание методов выделения локальной неоднородности в потоке $x(t)$ остается актуальной задачей [11].

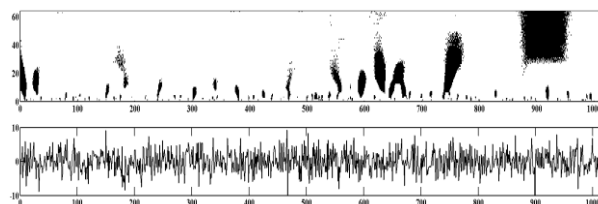


Рис. 1

Ниже описывается предлагаемый метод, который дает удовлетворительные результаты для важного случая неравномерности с локальным нарушением дисперсии данных. Такая особенность часто встречается у продуктов прядения. Ее появление связано как с кратковременными нарушениями технологического процесса, вызванными внешними причинами, так и локальными вариациями свойств волокнистого материала. Моделью функции $x(t)$ выбран стационарный нормальный белый шум с длиной реализации $N=1024$, средним $m=10$ и СКО $s=3$, за исключением локального участка $450 < t < 575$, на котором $s=4$. В нижней части рис. 1 (распределения коэффициентов вейвлетов Добеши (верхняя диаграмма) для модельной неровноты с "выбросом" СКО на 33% в интервале от 450-го до 575-го отсчета) показана модельная реализация $x(t)$. Над ней приведена вейвлет-диаграмма распределения коэффициентов для вейвлетов Добеши в качестве

$z(t)$. Видно, что локальное увеличение СКО на 33% практически не обнаруживается ни визуально на графике $x(t)$, ни в коэффициентах вейвлетов по всей длине реализации. Аналогичные распределения коэффициентов дают и другие вейвлет-функции.

$$D(t, T) = \frac{1}{T} \int_{t-T/2}^{t+T/2} (x(u) - M(u, T))^2 du, \quad M(t, T) = \frac{1}{T} \int_{t-T/2}^{t+T/2} x(u) du.$$

Регрессия 2-го порядка $D_r(t) = C_0 + C_1t + C_2t^2$ описывает накапливаемые значения $D(t, T)$, пока она остается адекватной этому потоку.

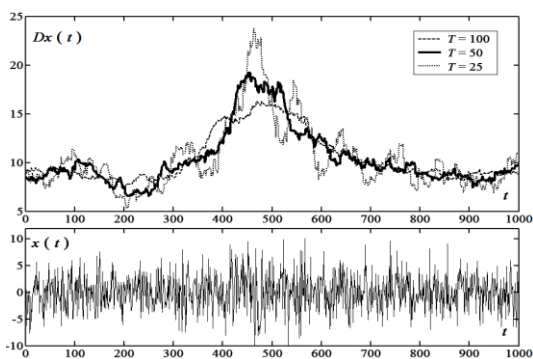


Рис. 2

На рис. 2 ("скользящая" дисперсия неровноты (верхняя диаграмма) для модельной неровноты (нижняя диаграмма) с "выбросом" СКО на 33% в интервале от 450-го до 575-го отсчета) показаны графики модельной функции $x(t)$ и скользящей дисперсии $D(t, T)$, вычисленной на интервалах $T=100$; 50 и 25 отсчетов. Уже на кривых $D(t, T)$ виден "выброс" дисперсии в середине реализации $x(t)$. Еще более четко он проявляется при вычислении скользящей регрессии 1-го порядка (рис. 3 – регрессии 1-го порядка по скользящей дисперсии в пределах участков адекватности) и 2-го порядка (рис. 4 – регрессии 2-го порядка по скользящей дисперсии в пределах участков адекватности) для $D(t, T)$.

Общий принцип предлагаемого метода обнаружения локальных нарушений стационарности неровноты заключается в следующих шагах.

1. Вычисляют оценки анализируемой характеристики, например, дисперсии или

Предлагаемый метод обнаружения локальных нарушений стационарности неровноты по дисперсии основан на процедурах построения аппроксимирующих регрессионных моделей для скользящих оценок дисперсии $D(t, L)$ на отрезках продукта длиной T :

При нарушении адекватности регрессия оценивается заново.

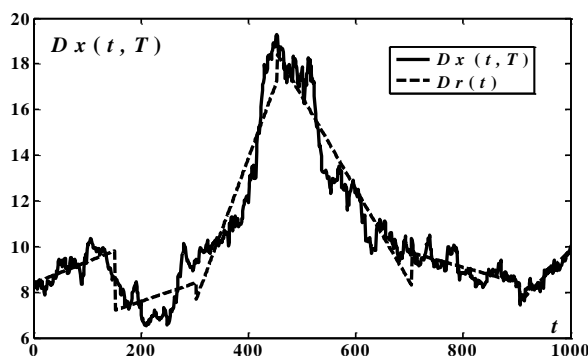


Рис. 3

СКО, в виде скользящих оценок с разными интервалами усреднения.

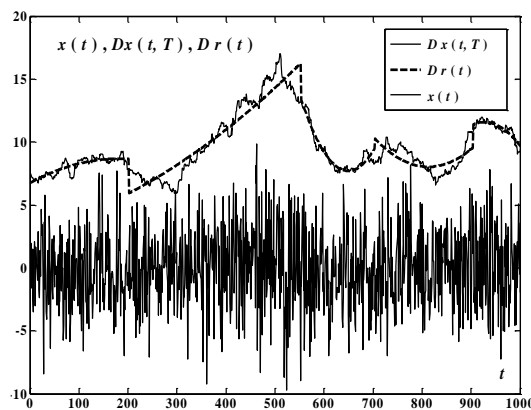


Рис. 4

2. Для полученных скользящих оценок и для каждого из интервалов скольжения (усреднения) строят регрессионные модели от начала реализации до того момента, при котором регрессионная модель перестает быть адекватной.

3. Проверяют значимость коэффициентов регрессии при разных степенях аргумента. Если коэффициенты значимы, это означает, что исследуемая характеристика не стационарна, а значимость коэффициентов регрессии при t и t^2 говорит о возможности локального "выброса" характеристики, причем продолжительность выброса соответствует длине интервала усреднения, на котором коэффициент наиболее значим.

ВЫВОДЫ

Предложены метод и алгоритм обнаружения "выбросов", то есть нарушения стационарности неравномерности продуктов прядения: нитей, ленты, ровницы, пряжи, крученых изделий, – не рекогносцируемых известными методами анализа и оценки неровноты. На примере сложного выброса в дисперсии неравномерности одномерного продукта показана хорошая диагностирующая способность предлагаемого метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г. Методы исследования неровноты продуктов прядения. – М.: Изд-во научнотехнической литературы РСФСР "Ростехиздат", 1962.
2. Разумеев К.Э. Проектирование шерстяной гребенной ленты и пряжи на основе инструментального определения свойств немойтой шерсти. – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2005.
3. Севостьянов П.А. Исследование неравномерности по линейной плотности при делении потоков волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, №2.
4. Пугачев В.С. Теория случайных функций. – М.: Физматгиз, 1962.
5. Вирабова В.И., Севостьянов П.А. Преобразование спектрального состава неровноты по линейной плотности волокнистого потока при делении // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №2С.
6. Главные компоненты временных рядов: метод "Гусеница" / Под ред. Д.Л. Данилова, А.А. Жиглявского. – СПб.: Пресском, 1997.
7. Александров Ф.И., Голяндина Н.Э. Автоматизация выделения трендовых и периодических составляющих временного ряда в рамках метода "Гусеница" - SSA. Exponenta Pro, Математика в приложениях. Методы, алгоритмы, программы. – №3-4 (7-8), 2004. С.54...61.
8. Севостьянов П.А., Баландин Е.А., Бутенко Т.С. Сингулярный спектральный анализ неравномерности структуры тканых полотен // Изв. вузов. Техно-

логия текстильной промышленности. – 2010, №3. С.112...116.

9. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. – 1996. Т.166, №11. С.1145...1170.

10. Севостьянов П.А., Симолян В.О. Масштабный анализ неровноты одномерных волокнистых продуктов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №6. С.118...123.

11. Севостьянов П.А., Лебедева В.И., Шibaева Е.О. Метод скользящей дисперсии для обнаружения локальной неровноты нитей // Химические волокна. – 2009, №4. С.44...47.

REFERENCES

1. Sevost'yanov A.G. Metody issledovaniya nerovnoty produktov pryadeniya. – M.: Izd-vo nauchnotekhnicheskoy literatury RSFSR "Rostekhizdat", 1962.
2. Razumeev K.E. Proektirovanie sherstyanyoy grebennoy lenty i pryazhi na osnove instrumental'nogo opredeleniya svoystv nemoytoy shersti. – M.: MGTU imeni A.N. Kosygina, 2005.
3. Sevost'yanov P.A. Issledovanie neravnomernosti po lineynoy plotnosti pri delenii potokov voloknistogo materiala // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1988, №2.
4. Pugachev V.S. Teoriya sluchaynykh funktsiy. – M.: Fizmatgiz, 1962.
5. Virabova V.I., Sevost'yanov P.A. Preobrazovanie spektral'nogo sostava nerovnoty po lineynoy plotnosti voloknistogo potoka pri delenii // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2008, №2S.
6. Glavnye komponenty vremennykh ryadov: metod "Gusenitsa" / Pod red. D.L. Danilova, A.A. Zhiglyavskogo. – SPb.: Presskom, 1997.
7. Aleksandrov F.I., Golyandina N.E. Avtomatizatsiya vydeleniya trendovykh i periodicheskikh sostavlyayushchikh vremennogo ryada v ramkakh metoda "Gusenitsa" - SSA. Exponenta Pro, Matematika v prilozheniyakh. Metody, algoritmy, programmy. – №3-4 (7-8), 2004. С.54...61.
8. Sevost'yanov P.A., Balandin E.A., Butenko T.S. Singulyarnyy spektral'nyy analiz neravnomernosti struktury tkanykh poloten // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2010, №3. S.112...116.
9. Astaf'eva N.M. Veyvlet-analiz: osnovy teorii i primery primeneniya // Uspekhi fizicheskikh nauk. – 1996. T.166, №11. S.1145...1170.
10. Sevost'yanov P.A., Simonyan V.O. Masshtabnyy analiz nerovnoty odnomernykh voloknistykh produktov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2006, №6. S.118...123.
11. Sevost'yanov P.A., Lebedeva V.I., Shibaeva E.O. Metod skol'zyashchey dispersii dlya obnaruzheniya lokal'noy nerovnoty nitey // Khimicheskie volokna. – 2009, №4. S.44...47.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления. Поступила 29.08.19.