

УДК 677.024:519.876.5

**О ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ НЕРОВНОТОЙ ОДНОМЕРНЫХ
ВОЛОКНИСТЫХ ПРОДУКТОВ ПО ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ
И ДОЛЕ КОМПОНЕНТОВ**

**ON THE RELATIONSHIP BETWEEN UNEVENNESS OF ONE-DIMENSIONAL FI-
BER PRODUCTS AND MIXTURES OF COMPONENTS**

П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Т.А. САМОЙЛОВА

P.A. SEVOSTYANOV, T.A. SAMOYLOVA

(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

Методом статистического моделирования выполнено исследование взаимосвязи между неровнотой по линейной плотности компонентов одномерного волокнистого продукта (ленты, ровницы, пряжи и т.п.) и неровнотой по доле компонентов в поперечных сечениях продукта. Рассмотрены дисперсия, коэффициент вариации и автокорреляционная функция неровноты по доле компонентов.

A statistical modeling method was used to study the relationship between the unevenness in the linear density of components of a one-dimensional fibrous product (tape, roving, yarn, etc.) and the unevenness in the proportion of components in the cross sections of the product. The variance, coefficient of variation, and autocorrelation function of unevenness in the proportion of components are considered.

Ключевые слова: одномерный продукт, неровнота, линейная плотность, доля компонента, дисперсия, коэффициент вариации, автокорреляционная функция.

Keywords: one-dimensional product, unevenness, linear density, component fraction, variance, coefficient of variation, autocorrelation function.

Ряд полуфабрикатов и продуктов прядильных производств (лента, ровница, пряжа, нити, жгуты и др.) относятся к категории одномерных продуктов, поскольку один их геометрический размер (длина или протяженность) на много порядков превос-

ходит его поперечные размеры [1]. Неровномерность продуктов по линейной плотности описывают вероятностными (случайными) функциями, для исследования которых разработаны измерительные приборы и методы обработки данных [1...3]. По мно-

гим причинам эти продукты формируют из смесей различных компонентов [2]. Доля компонентов вдоль продукта также не постоянна и описывается случайными функциями. Однако, в отличие от линейной плотности, надежных и адекватных измерительных средств для прямого измерения доли компонентов по длине продукта до сих пор создать не удалось [4...6]. Поэтому важно найти взаимосвязь между неровностью продукта по линейной плотности и по долям компонентов. Далее ограничимся двухкомпонентными смесями [4], [7].

$$\delta p_1 = \frac{(g_1(t) + g_2(t))\delta g_1(t) - g_1(t)\delta(g_1(t) + g_2(t))}{(g_1(t) + g_2(t))^2} = \frac{g_2(t)\delta g_1(t) - g_1(t)\delta g_2(t)}{(g_1(t) + g_2(t))^2},$$

$$Dp_1(t) = \frac{g_2^2(t)Dg_1(t) + g_1^2(t)Dg_2(t)}{(g_1(t) + g_2(t))^4} = pm_1^2 pm_2^2 (CVg_1^2 + CVg_2^2).$$

Здесь pm_1 и pm_2 – средние доли по линейной плотности компонентов в продукте. Разделим это равенство на квадрат средней (не варьированной) доли и найдем квадрат коэффициента вариации доли 1-го компонента. После преобразований получим:

$$CVp_1 = pm_2 \sqrt{CVg_1^2 + CVg_2^2}. \quad (1)$$

Обмен индексов дает, в силу симметрии, аналогичное выражение для коэффициента вариации CVp_2 :

$$CVp_2 = pm_1 \sqrt{CVg_1^2 + CVg_2^2}.$$

Из формул следует, что дисперсия доли 1-го и 2-го компонентов равна нулю для однокомпонентного продукта, а наибольшее значение принимает при $pm_1 = pm_2 = 0,5$ независимо от коэффициентов вариации компонентов по линейной плотности. Наибольшее значение дисперсии по доле компонентов при этом будет равно:

$$Dp_1 = Dp_2 = (CVg_1^2 + CVg_2^2)/16.$$

Коэффициенты вариации доли компонента линейной убывают пропорционально средней доле самого компонента.

Обозначим $g_1(t)$ и $g_2(t)$ случайные функции, описывающие линейную плотность каждого из двух складываемых в продукте компонентов. Линейная плотность продукта в результате сложения компонентов равна $g(t) = g_1(t) + g_2(t)$. Доля 1-го компонента в продукте описывается случайной функцией $p_1(t) = g_1(t) / g(t)$. Чтобы найти взаимосвязь между коэффициентами вариации по линейной плотности и по доле компонентов, проварьируем выражение для доли компонента и вычислим дисперсию вариации доли:

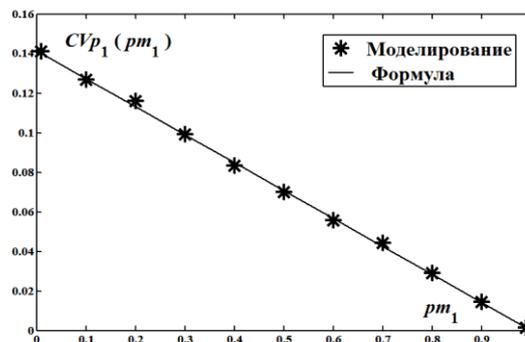


Рис. 1

Формулы получены при условии малых и независимых вариаций линейных плотностей компонентов. Для проверки формулы в широком диапазоне вариаций долей компонентов было выполнено статистическое моделирование значений $g_1(t)$ и $g_2(t)$ и расчет доли $p_1(t)$ по выборкам в $N = 1000$ значений [8]. Результаты оценки коэффициентов вариации доли 1-го компонента при разных средних значениях g_1 , то есть разных долях p_1 , приведены на рис. 1 (сплошная линия – расчет по формуле (1), маркеры – результаты статистического моделирования доли 1-го компонента двухкомпонентной смеси).

Другая важная характеристика неровности – автокорреляционная функция (АКФ) продукта. Получить аналитическое преобразование АКФ неровности по линейной

плотности в АКФ доли компонента в составе продукта весьма не просто. Поэтому был использован метод статистической компьютерной имитации. Двухкомпонентный продукт складывался из потоков значе-

$$g_1^0(t) = x_1(t) - 0,9g_1^0(t-1) + 0,3g_1^0(t-2), \quad g_1(t) = pm_1Mg + g_1^0(t),$$

$$g_2^0(t) = x_2(t) + 0,9g_2^0(t-1) - 0,1g_2^0(t-2), \quad g_2(t) = pm_2Mg + g_2^0(t).$$

В этих формулах индексы 1, 2 нумерует компоненты, $t = 1, \dots, T_m = 1000$ – дискрета переменной времени, pm_1 и $pm_2 = 1 - pm_1$ доли компонентов в продукте со средней линейной плотностью Mg . Коэффициенты авторегрессий подбирались в соответствии с рекомендациями [9], [10] так, чтобы АКФ 1-го компонента содержала колебательную составляющую, а 2-го компонента была монотонно убывающей [11]. Графики АКФ компонентов показаны на рис. 2.

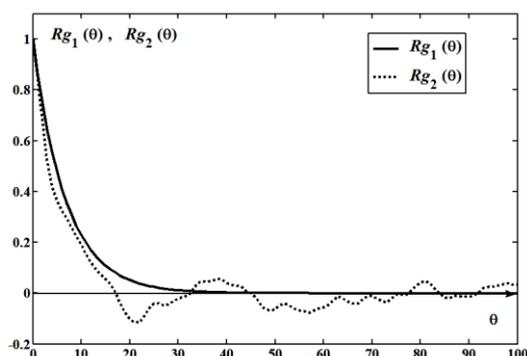


Рис. 2

На рис. 3 показаны АКФ долевого состава по длине продукта $rp_1(t)$ для нескольких значений доли 1-го компонента на всем диапазоне значений. На графиках видно, как с уменьшением доли 1-го компонента с монотонной АКФ нарастает колебательная составляющая в АКФ доли компонента. При этом колебательная составляющая возникает и проявляется в основном на коротких интервалах корреляции, что отсутствует у АКФ линейной плотности 2-го компонента.

Наблюдаемый эффект весьма необычен и приводит к выводу, что наличие волн по линейной плотности в одном из компонентов может быть причиной возникновения

ний линейной плотности двух компонентов. Моделями линейной плотности каждого из потоков являлись авторегрессионные преобразования 2-го порядка дискретного белого шума $x_1(t)$ и $x_2(t)$:

коротковолновой неровноты по доле компонентов, то есть по смесовому составу в смешанном одномерном продукте. Эта коротковолновая неровнота по доле компонентов может проявиться на последующих переходах прядильного производства и в готовом продукте.

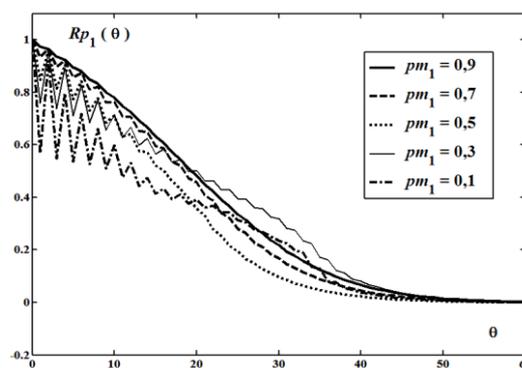


Рис. 3

ВЫВОДЫ

Установлено, что коэффициент вариации доли компонента по длине одномерного волокнистого продукта нарастает пропорционально убыванию его доли, а дисперсия доли компонентов достигает максимума при одинаковой доле компонентов независимо от их неровноты по линейной плотности. Формулы, полученные для этих оценок, пригодны в широком диапазоне неровноты по линейной плотности компонентов. Оценка автокорреляционной функции доли компонента имеет специфическую форму, зависящую от формы автокорреляционной функции линейной плотности компонентов, и прогнозирует возможность коротковолновой неровноты по доле компонентов.

1. Севостьянов А.Г. Методы исследования неровноты продуктов прядения (Характеристики случайных функций и их применение). – М.: Ростехиздат, 1962.

2. Севостьянов А.Г. Составление смесок и смешивание в хлопкопрядильном производстве (Теория и практика). – М.: Гизлегпром, 1954.

3. Горячая И.С., Севостьянов П.А. Численные методы анализа распределения волокон в поперечных сечениях пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №1. С.130...134.

4. Громов С.С., Севостьянов П.А. Анализ динамики долевого состава двухкомпонентного волоконистого материала в процессе кардочесания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №6. С.109...112.

5. Горский Д.А., Севостьянов П.А. Оценка эффективности управления кипным питателем с верхним отбором волокна методами компьютерного моделирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №3. С.124...127.

6. Калмыков И.В., Севостьянов П.А. Компьютерное проектирование меланжевых смесей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №1.

7. Добринская, Т.А., Севостьянов П.А. Сравнение эффективности смешивания смешивающими и дозирующими устройствами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №3, 2000. С.39...43.

8. Севостьянов П.А. Методы исследования и моделирования неровноты продуктов прядения. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. ISBN 978-5-87055-809-7

9. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов: Прогноз и управление / Пер. с англ. А. Л. Левшина, под ред. В. Ф. Писаренко. – М.: Мир, 1974. Вып. 1.

10. Севостьянов П.А., Ордов К.В. Основы анализа и моделирования данных в технике и экономике. – М.: Тисо Принт, 2015. ISBN 978-5-9904852-3-5

11. Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Родин А.А. Последовательные регрессии при анализе и прогнозировании вариабельности временных рядов // Мат. Междунар. науч.-технич. конф.: Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности. – Витебск: ВГТУ, 2019. С. 305...307.

1. Sevost'yanov A.G. Metody issledovaniya nerovnoty produktov pryadeniya (Kharakteristiki sluchaynykh funktsiy i ikh primeneniye). – M.: Rostekhizdat, 1962.

2. Sevost'yanov A.G. Sostavlenie smesok i smeshivanie v khlopkopryadil'nom proizvodstve (Teoriya i praktika). – M.: Gizlegprom, 1954.

3. Goryachaya I.S., Sevost'yanov P.A. Chislennyye metody analiza raspredeleniya volokon v poperechnykh secheniyakh pryazhi // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2012, №1. S.130...134.

4. Gromov S.S., Sevost'yanov P.A. Analiz dinamiki dolevogo sostava dvukhkomponentnogo voloknistogo materiala v protsesse kardochedaniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2009, №6. S.109...112.

5. Gorskiy D.A., Sevost'yanov P.A. Otsenka effektivnosti upravleniya kipnym pitatelem s verkhnim otborom volokna metodami komp'yuternogo modelirovaniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2008, №3. S.124...127.

6. Kalmykov I.V., Sevost'yanov P.A. Komp'yuternoe proektirovaniye melanzhevykh smesey // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1999, №1.

7. Dobrinskaya, T.A., Sevost'yanov P.A. Sravneniye effektivnosti smeshivaniya smeshivayushchimi i doziruyushchimi ustroystvami // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2000, №3, 2000. S.39...43.

8. Sevost'yanov P.A. Metody issledovaniya i modelirovaniya nerovnoty produktov pryadeniya. – M.: RGU im. A.N. Kosygina, 2019. ISBN 978-5-87055-809-7

9. Boks Dzh., Dzhenkins G. Analiz vremennykh ryadov: Prognoz i upravlenie / Per. s angl. A.L. Levshina, pod red. V. F. Pisarenko. – M.: Mir, 1974. Vyp. 1.

10. Sevost'yanov P.A., Ordov K.V. Osnovy analiza i modelirovaniya dannykh v tekhnike i ekonomike. – M.: Tiso Print, 2015. ISBN 978-5-9904852-3-5

11. Sevost'yanov P.A., Samoylova T.A., Rodin A.A. Posledovatel'nyye regressii pri analize i prognozirovaniy variabel'nosti vremennykh ryadov // Mat. Mezhdunar. nauch.-tekhnich. konf.: Innovatsionnyye tekhnologii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti. – Vitebsk: VGTU, 2019. S. 305...307.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления. Поступила 14.09.20.