

УДК 677.022:19.86

**КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ**

**A COMPUTER MODEL OF CHANGE CHARACTERISTICS
FIBROUS MATERIAL
IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS**

*П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, К.В. ОРДОВ, Т.А. САМОЙЛОВА, В.В. МОНАХОВ
P.A. SEVOSTYANOV, K.V. ORDOV, T.A. SAMOYLOVA, V.V. MONAKHOV*

**(Московский государственный университет дизайна и технологии,
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова)**

**(Moscow State University of Design and Technology,
Plekhanov Russian University of Economics)**

E-mail: petrsev46@yandex.ru

В статье предложена компьютерная модель преобразования в технологическом процессе распределений таких характеристик волокон, как длины и тонины. Применение модели продемонстрировано на примере реальных данных для волокон шерсти.

The paper proposed a computer model of transformation in the technological process of the distributions of such characteristics of the fibers, as length and fineness. Application for the model is demonstrated using real data for wool fibers.

Ключевые слова: характеристики волокон, распределения, корреляция, статистическое моделирование, волокна шерсти.

Keywords: fiber's characteristics, distributions, correlation, statistical modeling, wool fibers.

Преобразование потока волокнистого материала в любом технологическом процессе (ТП) проявляется в изменении распределения характеристик волокон, например, их длины L и тонины D [1], [2]. Распределение волокон $f(L)$, полученное экспериментальным путем, описывается гистограммой $pL(k)$. При обработке данных на компьютере или моделировании непрерывное распределение $f(L)$ также заменяют дискретным распределением по интервалам значений. В линейном приближении взаимосвязь между распределениями волокон на входе pL_0 и выходе pL_1 ТП можно представить интегральным преобразованием:

$$pL_1(k) = \sum_{j=1}^{j_{\max}} gL(k, j)pL_0(j), \quad k = 1, \dots, k_{\max}. \quad (1)$$

Ядро преобразования $gL(k, j)$ является математическим описанием ТП с точки зрения преобразования длины волокон L .

Обозначим M массу волокон в потоке на входе ТП. В этом потоке масса волокон, имеющих длину в i -м интервале длин, равна $pL_1(i)M$. Обозначим долю массы волокон, перешедших в отходы, величиной $(1 - a)$. Масса волокон из i -го интервала в выходящем потоке равна $pL_2(i)aM$. Очевидно, что эти две величины для каждого класса связаны одним из трех соотношений:

$$pL_1(i)M \begin{cases} = \\ > \\ < \end{cases} pL_2(i)aM, \quad i = 1, \dots, m. \quad (2)$$

Равенство в (2) означает, что волокна этого интервала длин переходят без изменений в выходящий поток за исключением части, выпадающей в отходы. Неравенство ($>$) в (2) означает, что часть волокон этого интервала либо перешла в отходы в доле, превышающей среднюю долю отходов $(1 - a)$, либо разорвалась и перешла в меньшие по номеру i интервалы длин. Неравенство ($<$) в (2) означает, что часть волокон, относившихся к интервалам $j > i$, в ТП разорвались, и образовавшиеся более короткие волокна имели длину, соответствующую i -му интервалу.

Для выравнивания правой и левой частей соотношения (2) введем множители $b(i)$:

$$b(i)pL_1(i)M = pL_2(i)aM, \quad i = 1, \dots, m. \quad (3)$$

Их значения легко вычисляются по известным оценкам распределений и средней доле отходов:

$$b(i) = \frac{a pL_2(i)}{pL_1(i)}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (4)$$

Сравнивая $b(i)$ с единицей, можно сделать вывод о том, что происходит в ТП с волокнами i -го интервала.

В ТП изменения характеристик волокон в потоках на входе и выходе машины, например, распределения L и D волокон, взаимосвязаны. Взаимосвязь между ними является корреляционной и в простейшем

случае описывается коэффициентом корреляции r . Его значение неодинаково для разных партий волокнистого материала. Можно лишь утверждать, что, например, для волокон шерсти он положительный $0 < r < 1$ и принимает значения из середины указанного диапазона.

Исследуем изменения распределений двух коррелированных величин методом статистического моделирования [2], [5]. Значения коррелированных случайных величин ℓ и d можно получить линейным преобразованием двух некоррелированных величин z_1 и z_2 с нулевыми средними и единичными дисперсиями:

$$\begin{aligned} x_1 &= az_1 + bz_2, \\ x_2 &= bz_1 + az_2, \\ \ell &= (x_1 - mL) / \sigma L, \\ d &= (x_2 - mD) / \sigma D. \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь mL , mD , σL и σD – средние и среднеквадратические отклонения длины и тонины. Можно показать, что если $a = \cos\theta$ и $b = \sin\theta$, то угол $\theta = 0,5 \arcsin(r)$. Это позволяет построить соответствующий алгоритм моделирования коррелированных величин с заданными средними, дисперсиями и коэффициентом корреляции. Для анализа использованы два модельных распределения:

экспоненциальное и равномерное – для некоррелированных величин, и распределения их линейных преобразований при $r = 0,33$ и при $r = 0,85$. Все гистограммы были построены по одинаковым объемам выборок ($n = 3000$) и с одинаковым числом интервалов. Из полученных гистограмм следует, что даже при незначительном коэффициенте корреляции распределения заметно изменяют свою форму, особенно на "хвостах". При высокой корреляции между переменными распределения зависимых переменных могут сильно отличаться от распределений как независимых величин, так и от своих распределений, но с малым коэффициентом корреляции. Если учесть, что коэффициент корреляции между переменными может изменять значение в результате ТП, то все эти особенности поведения распределений следует учитывать при анализе распределений.

Даже наиболее совершенные современные приборы не позволяют получить двумерные распределения для волокнистых продуктов. Поэтому при анализе ТП следует исходить из данных, получаемых от существующих приборов и их возможностей [3]. В табл. 1 приведены такие данные для волокон шерсти после лабазы, разделенные по классам длины и тонины [4].

Т а б л и ц а 1

Инт.,мм	масса, г	%	D, mean	Nm fbr	Инт.,мм	масса, г	%	D, mean	Nm fbr
0...10	0,018	1,80	29,94	628	130...140	0,06	6,00	22,00	4300
10...20	0,015	1,50	23,79	872	140...150	0,046	4,60	22,87	3965
20...30	0,014	1,40	25,07	686	150...160	0,091	9,10	23,56	4439
30...40	0,017	1,70	29,07	412	160...170	0,053	5,30	22,16	4533
40...50	0,022	2,20	32,46	582	170...180	0,041	4,10	24,68	3634
50...60	0,021	2,10	32,17	881	180...190	0,035	3,50	25,02	3010
60...70	0,03	3,00	25,55	1251	190...200	0,025	2,50	25,38	3950
70...80	0,037	3,70	23,19	2868	200...210	0,024	2,40	28,66	3004
80...90	0,042	4,20	22,32	3320	210...220	0,02	2,00	28,53	2873
90...100	0,082	8,20	22,09	4097	220...230	0,024	2,40	33,64	2409
100...110	0,06	6,00	22,76	4419	230...240	0,015	1,50	28,46	1662
110...120	0,054	5,40	23,32	4040	240...250	0,009	0,90	40,23	998
120...130	0,061	6,10	22,84	3070	250...260	0,006	0,60	36,62	575

В системе Matlab была разработана процедура генерации случайных чисел в соответствии с полученной гистограммой волокон. На рис. 1 и 2 приведены примеры работы

этой процедуры для выборочных одномерных распределений волокон шерсти по длине и тонине для образцов из лабазов.

На рис. 1 представлены экспериментальное и модельное распределения длин волокон шерсти, а на рис. 2 – модельное распределение тонины волокон шерсти.

Видна хорошая согласованность между выборочным распределением экспериментальных данных – длин волокон и гистограммой, полученной по сгенерированной

выборке 100000 моделируемых длин волокон. Эти процедуры и данные табл. 1 позволили построить программную процедуру для генерации модельных выборок двумерного распределения волокон шерсти по длине и тонине. Пример работы процедуры для волокон с лабаза в виде двумерной гистограммы приведен на рис. 3.

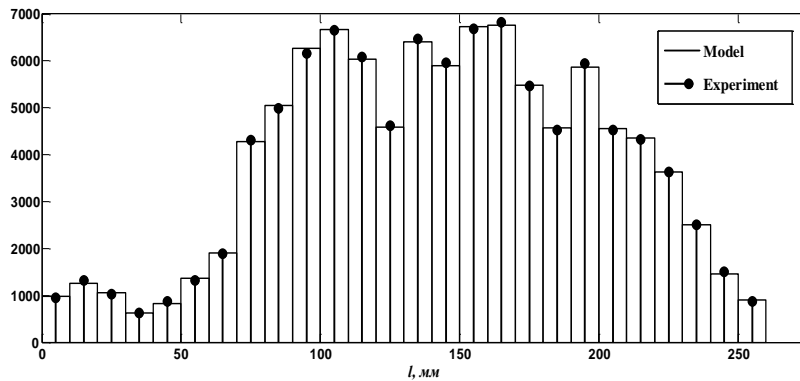


Рис. 1

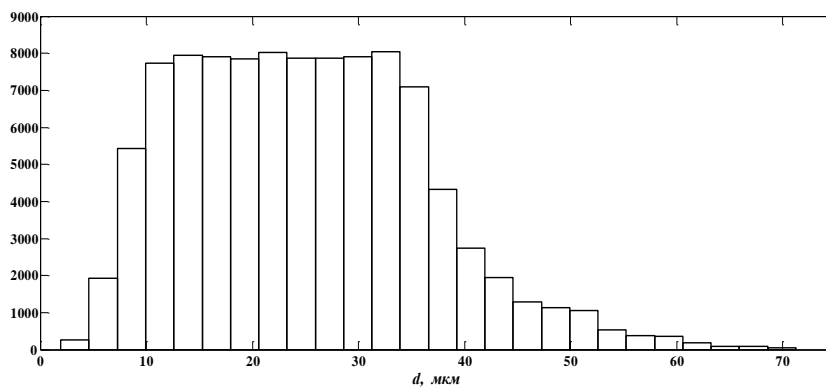


Рис. 2

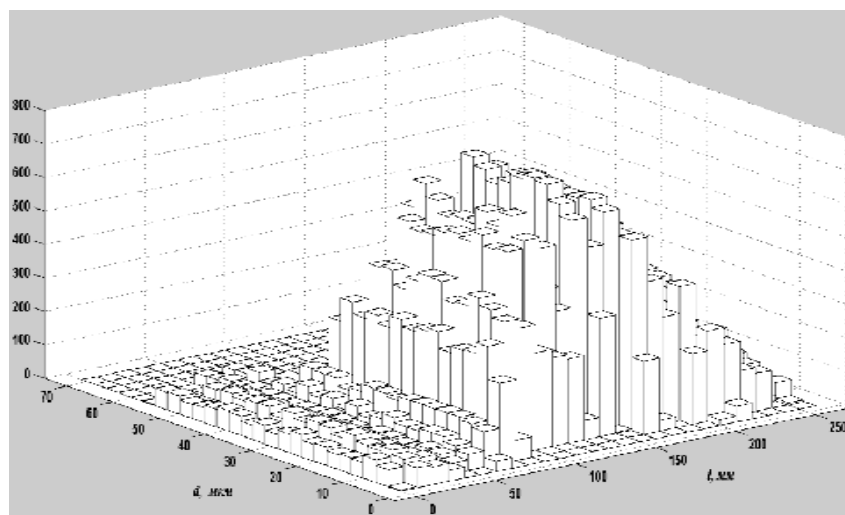


Рис.3

ВЫВОДЫ

1. Предложен критерий оценки изменения длины и тонины волокон в технологическом процессе при анализе интервалов гистограмм распределения волокон.

2. Построен алгоритм моделирования двумерного распределения волокон по длине и тонине на основе информации об одномерных распределениях и коэффициенте корреляции, работа которого продемонстрирована на данных натурального эксперимента с волокнами шерсти.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Винтер Ю.М.* Определение наилучшего показателя неравномерности распределения смеси волокон в тангенциальном направлении сечения пряжи методом статистического моделирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №3. С.105...109.

2. *Севостьянов П.А., Забродин Д.А., Дасюк П.Е.* Компьютерное моделирование в задачах исследования текстильных материалов и производств. – М.: "Тисо Принт", 2013.

3. *Гусев Б.Н.* Разработка методов получения диагностической информации в прядильном производстве: Дис.... докт. техн. наук. – Иваново, 1990.

4. *Битус Е.И.* Моделирование рассортировки волокон шерсти по длине при гребнечесании с учетом их разрыва // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №6. С.28...32.

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

REFERENCES

1. *Vinter Ju.M.* Opredelenie nailuchshego pokazatelja neravnomernosti raspredelenija smesi volokon v tangencial'nom napravlenii sechenija prjazhi metodom statisticheskogo modelirovanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №3. S.105...109.

2. *Sevost'janov P.A., Zabrodin D.A., Dasjuk P.E.* Komp'juternoe modelirovanie v zadachah issledovanija tekstil'nyh materialov i proizvodstv. – М.: "Tiso Print", 2013.

3. *Gusev B.N.* Razrabotka metodov poluchenija diagnosticheskoy informacii v prjadil'nom proizvodstve: Dis.... dokt. tehn. nauk. – Ivanovo, 1990.

4. *Bitus E.I.* Modelirovanie rassortirovki volokon shersti po dline pri grebnechesanii s uchetom ih razryva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2002, №6. S.28...32.

5. *Sevost'janov P.A.* Komp'juternoe modelirovanie tehnologicheskikh sistem i produktov prjadenija. – М.: Inform-Znanie, 2006.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем и обработки информации и управления. Поступила 29.05.15.