УДК 677.022.2:677.057.7.71

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЯЖИ В ПНЕВМОПРЯДИЛЬНОЙ КАМЕРЕ

Е.И. ВЛАСОВ, К.К. КОСТЕРИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Недостатком известных в настоящее время моделей, рассматривающих формирование пряжи только с позиции дискретизации и сложения волокнистого продукта в прядильном устройстве [1, 2], является невозможность отделения систематических обрывов пряжи от случайных и затрудненная количественная оценка минимального уровня обрывности. Для более глубокого изучения процесса пневмопрядения, совершенствования прядильной камеры и разработки алгоритмов по ее управлению необходимо разработать такую модель, которая имитировала бы процесс формирования пряжи как стохастический, со случайными и систематическими отклонениями. Следствием этого будет снижение уровня обрывности и повышение качества пряжи.

Задачу по моделированию процесса циклического сложения в камере пневмомеханической прядильной машины будем решать поэтапно:

1) найдем, какому виду плотности распределения вероятности подчиняется линейная плотность пряжи;

2) определим числовые характеристики этого распределения;

3) установим, какие факторы влияют на эти характеристики.

Пусть $d_к$ – диаметр сборной поверхности камеры; $L = \pi d_к$ – длина окружности. На окружность длиной L будем случайным образом бросать волокна длиной $\lambda_в$. Вероятность того, что волокно накроет некоторую фиксированную точку на окружности будет $p = l_в/L$.

Каждый бросок волокна приводит к одному из двух возможных исходов: либо волокно накрывает точку (событие наступает) или не накрывает (событие не наступает). Вероятность наступления события не меняется от броска к броску.

Определим вероятность, с которой при n испытаниях событие наступает точно x раз. В условиях поставленной задачи случайной величиной является число успешных исходов, которое может принимать значения от 0 до n включительно.

Событие в n испытаниях может появиться точно x раз ($0 \le x \le n$), причем $C_n^x = \dfrac{n!}{x!(n-x)!}$ различными одинаково возможными способами. Поскольку испытания независимы, каждому такому способу соответствует вероятность $p^x(1-p)^{n-x}$.

На основании теоремы о сумме вероятностей [3] получим распределение рассматриваемой случайной величины:

$$f(x; n, p) = C_n^x p^x (1-p)^{n-x} = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1-p)^{n-x}.$$

Это выражение представляет собой биномиальное распределение [3], смысл которого заключается в следующем: это вероятность появления события (исхода) x раз в n независимых испытаниях, когда вероятность p события в каждом испытании постоянна (извлечения с возвращением).

При достаточно больших x и n можно получить приближенное значение функции плотности биномиального распределения при помощи формулы Стирлинга [3]:

$$\frac{n!}{n!\,(n-x)!}\,p^{n}\,(1-p)^{n-x} \approx \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\,e^{-x^{2}/2},$$

где $\sigma = \sqrt{np(1-p)}$; $x = \dfrac{m-np}{\sigma}$.

Эта формула является функцией плотности нормального распределения (распределение Гаусса). Таким образом, при достаточно большом среднем числе волокон в сечении для простоты расчетов можно считать, что линейная плотность пряжи подчиняется закону нормального распределения.

Неровнота линейной плотности пряжи определяется среднеквадратичным отклонением, величина которого для биномиального распределения равна [3]:

$$\sigma = \sqrt{\mu\left(1-\ell_{в}/\pi d_{к}\right)},$$

где μ – математическое ожидание (среднее число волокон в сечении).

Таким образом, чем больше отношение $\ell_{в}/\pi d_{к}$, тем более ровной получается пряжа.

Для подтверждения аналитического вывода распределения линейной плотности пряжи составлена программа на ЭВМ. Алгоритм работы программы модели приведен на рис. 1. Исходными данными для работы программы являются: L – длина участка, на котором формируется пряжа; $l_{в}$ – средняя длина волокна; $pd_{к}$ – длина сборной поверхности камеры; $N_{ср}$ – среднее число волокон, поступающих в камеру за единицу времени.

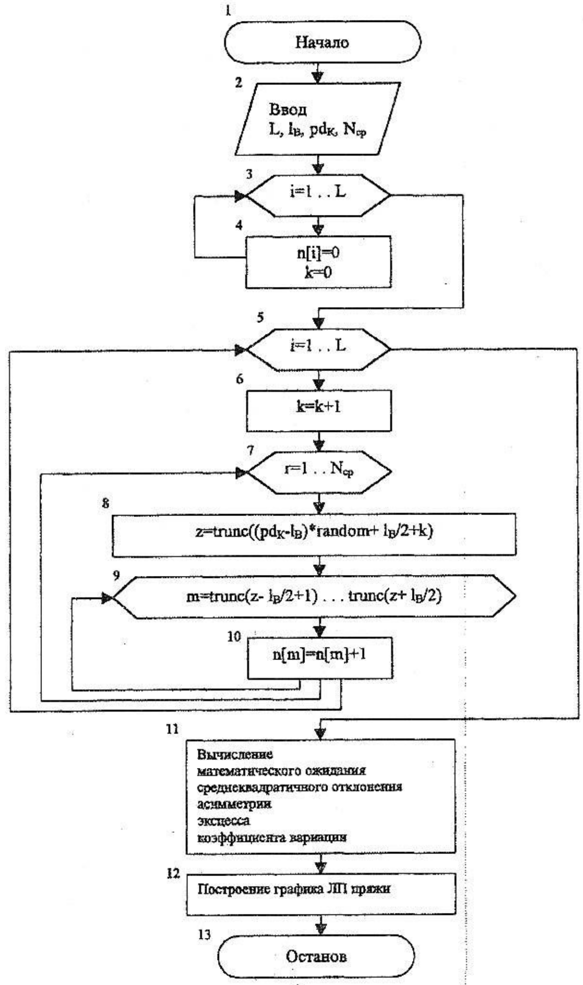

Рис. 1

Блоки 3 и 4 задают нулевые начальные условия для линейной плотности пряжи на всем участке ее формирования. Блоки 5 и 6 моделируют вывод пряжи из прядильной камеры, блоки 7...10 имитируют случайное попадание волокон на участок пряжи внутри камеры длиной $pd_{к}$. Для верификации полученных результатов с теоретическими значениями вычисляются характеристики распределения линейной плотности пряжи. Полученные данные полностью совпадают.

Данный алгоритм моделирования позволяет исследовать пряжу не только в установившемся режиме, но и в переходных процессах, в режимах пуска и останова прядильной камеры.

Предложенная модель позволяет объяснить следующие экспериментальные данные [4]:

1) с уменьшением числа волокон в поперечном сечении пряжи при постоянстве

ее линейной плотности вследствие большей линейной плотности волокна возрастает неравномерность;

2) в отношении свойств пряжи линейная плотность волокна в большей мере влияет на свойства пряжи, чем длина волокна;

3) чем меньше среднее число волокон в сечении пряжи, тем меньше может быть диаметр ротора.

ВЫВОДЫ

1. Линейная плотность пряжи подчиняется биномиальному закону распределения.

2. Предложенный алгоритм формирования пряжи рассматривает процесс прядения как стохастический.

3. Дано математическое обоснование некоторых экспериментальных данных качества пряжи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зимин С.П., Башкова Г.В.* Моделирование и оптимизация технологических процессов прядильного производства. – Иваново, 1990.

2. *Плеханов Ф.М.* Технологические процессы пневмомеханического прядения. – М.: Легпромиздат, 1986.

3. *Сигорский В.П.* Математический аппарат инженера. – Техника, 1975.

4. *Артцт П., Эгберс Г.* Технология пневмомеханического прядения. – М.: Легпромбытиздат, 1986.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 26.11.02.