

УДК 677.022:519.8:62.50.72

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ ВОЛОКОН В ЗОНАХ ЧЕСАНИЯ ОТ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УЗЛА

Н.А. ГИССЕК

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

Основным участком обработки на различных чесальных машинах являются зоны взаимодействия кардной гарнитуры

главного барабана с рабочим и съемным валиками.

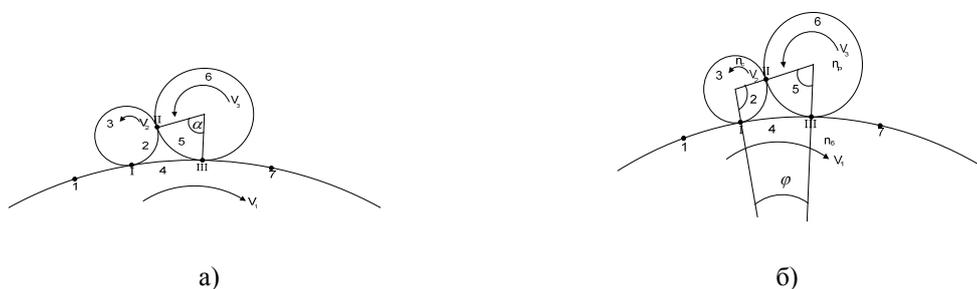


Рис. 1

Схема их взаимодействия представлена на рис. 1-а. Стрелками указаны направления вращения и скорости главного барабана V_1 , съемного V_2 и рабочего V_3 валиков. Римскими цифрами отмечены точки взаимодействия гарнитур: I – барабана и съемного валика; II – рабочего и съемного валиков; III – рабочего валика и барабана. Выделим следующие возможные состояния волокон: 1 – волокна на гарнитуре барабана, поступающие в зону; 2 – волокна на съемном валике, не перешедшие на барабан; 3 – волокна на съемном, снятые с рабочего валика; 4 – волокна на барабане перед взаимодействием с рабочим валиком; 5 – волокна на рабочем валике, не снятые съемным; 6 – волокна на рабочем валике, снятые с барабана; 7 – волокна на барабане на выходе из зоны.

Поскольку переход каждого волокна из одного состояния в другое в зонах взаимодействия – случайное событие, которое слабо зависит от предыдущих событий, то

можно считать, что эти переходы могут быть описаны вероятностным марковским процессом. Такой подход неоднократно реализован рядом зарубежных и отечественных исследователей. Наиболее полно он описан в работе Н.М. Ашнина [1]. С помощью этого подхода были построены оценки для показателей загрузки гарнитур волокном и интенсивности обработки волокна в стационарном режиме работы.

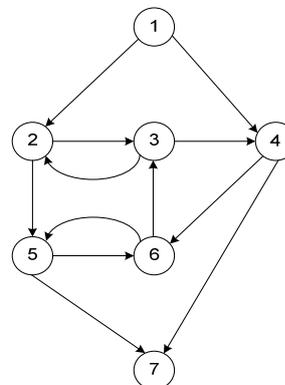


Рис. 2

Построим граф, отображающий движение волокон в рассматриваемом рабочем узле. Он представлен на рис. 2. Вершины графа соответствуют перечисленным выше состояниям волокон, а дуги – возможным переходам между состояниями.

Марковский процесс для этого графа может быть описан матрицей вероятностей перехода A , которая имеет вид, представленный в табл. 1.

Таблица 1

состояния		1	2	3	4	5	6	7
$A =$	1		P_{12}		$1-P_{12}$			
	2			P_{23}		$1-P_{23}$		
	3		P_{32}		$1-P_{32}$			
	4						$1-P_{47}$	P_{47}
	5						$1-P_{57}$	P_{57}
	6			P_{63}		$1-P_{63}$		
	7							1

Для дальнейшего анализа приведем матрицу к квазиреугольному виду. Известно [2], что переходные режимы в дискретных марковских процессах с такими матрицами перехода определяются так называемой фундаментальной матрицей N :

$$N = (I - Q)^{-1}, \quad (1)$$

в которой I – единичная матрица, а Q – подматрица переходов между невозвратными состояниями.

Например, допустим, что вероятности равны $P_{12} = 0,8$; $P_{23} = 0,6$; $P_{32} = 0,1$; $P_{47} = 0,2$; $P_{57} = 0,5$; $P_{63} = 0,8$. Тогда фундаментальная матрица N будет иметь вид, представленный в табл. 2.

Таблица 2

состояния		2	3	4	5	6	1
$N =$	2	1,27	2,76	2,48	1,01	2,49	0
	3	0,35	3,54	3,19	0,72	2,91	0
	4	0,25	2,52	3,27	0,69	2,96	0
	5	0,16	1,57	1,42	1,43	1,85	0
	6	0,32	3,15	2,83	0,87	3,70	0
	1	1,07	2,71	2,64	0,94	2,58	1,00

Известно, что с помощью фундаментальной матрицы переходного режима марковского процесса можно определить среднее время и дисперсию времени пребывания процесса в том или ином состоянии до перехода его в стационарный режим [3]. Поскольку фундаментальная матрица для данного процесса найдена (ее числовые значения могут быть и другими, в зависимости от исходных значений вероятностей переходов), это открывает возможность рассчитать длительность пребывания волокна в узле чесания. При этом имеет смысл перейти от измерения времени в числе шагов дискретного марковского процесса к обычным единицам измерения времени, например, в секундах. Для этого достаточно учесть, что каждое из состоя-

ний процесса соответствует пребыванию волокна на определенном участке окружности барабана или валиков.

Длительность этого пребывания зависит от длины дуги и окружной скорости соответственно барабана или валика. Эту длительность легко определить по формулам

$$\tau = \frac{r\varphi}{r\omega} = \frac{\varphi}{2\pi n}, \quad (2)$$

где r – радиус барабана или валика; φ – угол сектора окружности барабана или валика, относящегося к рассматриваемому состоянию; ω – его угловая скорость; n – число оборотов в единицу времени.

Обозначим через $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5, \varphi_6, \varphi_7$ – углы соответствующих секторов, а n_6, n_p, n_c – число оборотов, которое делают барабан, рабочий и съемный валики.

Элементы фундаментальной матрицы равны среднему времени пребывания мар-

ковского процесса в одном из невозвратных состояний. При условии, что начальным было состояние 7, среднее время пребывания волокна в зоне чесания определяется как сумма средних времен по участкам зоны, то есть

$$\bar{\tau}_{узла} = \sum_{k=6}^1 \bar{\tau}_k N_{6k} = \sum_{k=6}^1 \frac{\varphi_k^{\circ}}{360^{\circ} n_k \text{ об/мин}} N_{6k} = \sum_{k=6}^1 \frac{N_{6k}}{360^{\circ} n_k} \varphi_k^{\circ}. \quad (3)$$

Из геометрических соотношений между размерами барабана и рабочих и съемных валиков (рис.1-б) следует, что не все углы, которые участвуют в этой формуле, являются независимыми.

Эти углы можно связать следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} \varphi_2 + \varphi_4 + \varphi_5 &= 360^{\circ}, \\ \varphi_5 + \varphi_6 &= 360^{\circ}, \\ \varphi_2 + \varphi_3 &= 360^{\circ}. \end{aligned} \quad (4)$$

Поскольку углов пять, а соотношений три, только два угла можно оставить независимыми, а остальные – выразить через них.

Числа оборотов независимы, но взаимосвязаны, зависят от скорости барабана и лежат в определенном диапазоне значений.

На основании формулы (3) можно получить зависимости среднего времени t_3 пребывания волокна в зоне взаимодействия от значений углов.

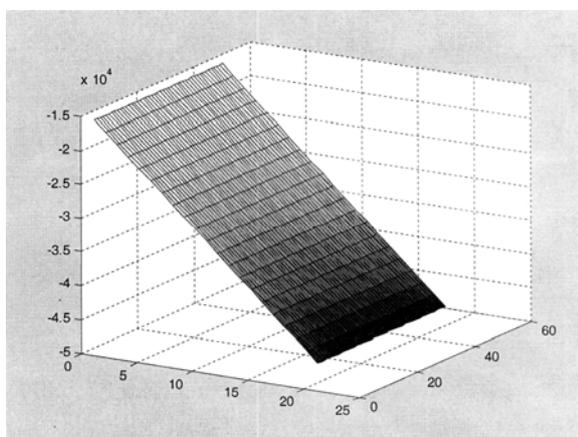


Рис. 3

При моделировании угол φ_4 варьировался от 10 до 30°, а угол φ_5 – от 30 до 75°. Пример полученных зависимостей приведен на рис.3 – график зависимостей t_3 от значения углов при $n_6=500$ об/мин, $n_p=600$ об/мин, $n_c=400$ об/мин. Установлено, что они представляют собой плоские поверхности, и углы наклона этих поверхностей определяются коэффициентами при этих переменных величинах.

Видно, что зависимые переменные t_3 и N валика практически не зависят от одного из углов и линейно зависят от второго угла, причем эти зависимости являются весьма существенными, поскольку эти переменные меняются в большом диапазоне (в 3...4 раза).

Разработаны алгоритм и программная реализация расчета оценок среднего времени пребывания волокон в узле и дисперсии этого времени в зависимости от вероятностей перехода в матрице A .

Использованный алгоритм оценки среднего времени пребывания волокна в узле и дисперсии этого времени открывает возможность исследовать, как вероятности перехода волокон из одной зоны в другую для рассматриваемого узла влияют на эти характеристики. Исследование этих зависимостей важно, особенно если учесть, что точные значения вероятностей переходов неизвестны и могут быть лишь приближенно оценены по некоторым интегральным показателям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ашнин Н.М.* Кардочесание волокнистых материалов. – М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985.

2. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности): Учебник для вузов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

3. *Кемени Дж., Снелл Дж.* Конечные цепи Маркова. – М.: Наука, 1970.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и вычислительной техники. Поступила 01.12.06.
