

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДОВ ВОЛОКОН ПО ЗОНАМ РАБОЧЕГО УЗЛА ВАЛИЧНОЙ КАРДОЧЕСАЛЬНОЙ МАШИНЫ

SIMULATION OF FIBER TRANSITIONS IN WORKING UNIT SECTIONS OF A CARDING MACHINE

Н.А. ГИСЕК, А.В. ФИРСОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ

N.A. GISSEK, A.V. FIRSOV, P.A. SEVOSTYANOV

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin)

E-mail: ngissek@gmail.com

В статье предложена модель взаимодействия гарнитуры главного барабана с валиками кардочесальной машины как вероятностный марковский процесс. Построена модельная матрица вероятностей перехода и произведены соответствующие расчеты для того, чтобы детально проследить динамику изменения вероятностей обнаружения волокна в том или ином состоянии в процессе движения продукта в зоне чесания. Для вычислений использованы основные положения теории марковских процессов и компьютерное моделирование динамики движения волокон. Показано, что использование модели дискретного марковского процесса позволяет рассчитать основные характеристики переходного режима в рабочем узле валичной чесальной машины.

The article proposes a model of interaction of the headset of the main drum with the rollers of the carding machine as a probabilistic Markov process. A model matrix of transition probabilities was constructed and corresponding calculations were performed in order to trace the dynamics of changes in the probabilities of detecting fiber in a particular state during the movement of the product in the carding zone in detail. The main provisions of the Markov processes theory and computer modeling of the dynamics of fiber motion are used for calculations. It is shown that the use of a discrete Markov process model makes it possible to calculate the main characteristics of the transition mode in the working node of a roller carding machine.

Ключевые слова: кардочесание, валичная машина, чесальная машина, марковский процесс, марковские цепи, гарнитура машин.

Keywords: carding, roller machine, carding machine, Markov process, Markov chains, machine headset.

Основным участком обработки на валичных чесальных машинах являются зоны взаимодействия кардной гарнитуры главного барабана с рабочим и съемным валиками. Схема их взаимодействия представлена на рис. 1.

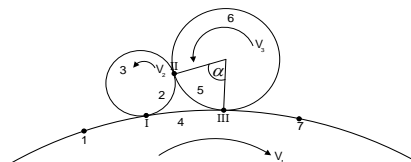


Рис. 1

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 валике, 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 построены оценки для показателей загрузки гарнитур волокном и интенсивности обработки волокна в стационарном режиме работы.

Дискретные марковские цепи могут быть использованы также для моделирования переходных режимов и оценки характеристик технологического процесса в этих режимах. Построим граф, отображающий движение волокон в рассматриваемом рабочем узле (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 :

$$A = \begin{pmatrix} 0 & P_{12} & 0 & 1-P_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{23} & 0 & 1-P_{23} & 0 & 0 \\ 0 & P_{32} & 0 & 1-P_{32} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-P_{47} & P_{47} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-P_{57} & P_{57} \\ 0 & 0 & P_{63} & 0 & 1-P_{63} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Преобразуем матрицу к квазитреугольному виду:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{23} & 0 & 1-P_{23} & 0 & 0 \\ 0 & P_{32} & 0 & 1-P_{32} & 0 & 0 & 0 \\ P_{47} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-P_{47} & 0 \\ P_{57} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1-P_{57} & 0 \\ 0 & 0 & P_{63} & 0 & 1-P_{63} & 0 & 0 \\ 0 & P_{12} & 0 & 1-P_{12} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Структура матрицы показывает, что состояния 1 – 6 являются сообщающимися и невозвратными, а состояние 7 – поглощающим.

Известно [2], что переходные режимы в дискретных марковских процессах с такими матрицами перехода определяются так называемой фундаментальной матрицей $N = (I - Q)^{-1}$, в которой I – единичная матрица, а Q – подматрица переходов между невозвратными состояниями.

Оценка вероятностей перехода привела к округленным до десятых долей значениям $P_{12} = 0.8$, $P_{23} = 0.6$, $P_{32} = 0.1$, $P_{47} = 0.2$, $P_{57} = 0.5$, $P_{63} = 0.8$. Тогда матрица Q и фундаментальная матрица N равны

$$Q = \begin{pmatrix} & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 1 \\ 2 & 0 & 0,6 & 0 & 0,4 & 0 & 0 \\ 3 & 0,1 & 0 & 0,9 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 \\ 6 & 0 & 0,8 & 0 & 0,2 & 0 & 0 \\ 1 & 0,8 & 0 & 0,2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$N = \begin{pmatrix} 1,27 & 2,76 & 2,48 & 1,01 & 2,49 & 0 \\ 0,35 & 3,54 & 3,19 & 0,72 & 2,91 & 0 \\ 0,25 & 2,52 & 3,27 & 0,69 & 2,96 & 0 \\ 0,16 & 1,57 & 1,42 & 1,43 & 1,85 & 0 \\ 0,32 & 3,15 & 2,83 & 0,87 & 3,70 & 0 \\ 1,07 & 2,71 & 2,64 & 0,94 & 2,58 & 1 \end{pmatrix}$$

$$D = \begin{pmatrix} 0,35 & 9,18 & 7,58 & 0,87 & 9,74 & 0 \\ 0,42 & 9,01 & 7,48 & 0,83 & 10,16 & 0 \\ 0,33 & 8,99 & 7,41 & 0,81 & 10,19 & 0 \\ 0,22 & 7,11 & 5,84 & 0,62 & 8,42 & 0 \\ 0,39 & 9,25 & 7,66 & 0,87 & 9,99 & 0 \\ 0,51 & 9,15 & 7,64 & 0,87 & 9,86 & 0 \end{pmatrix}$$

Первые строка и столбец в матрице Q – номера состояний.

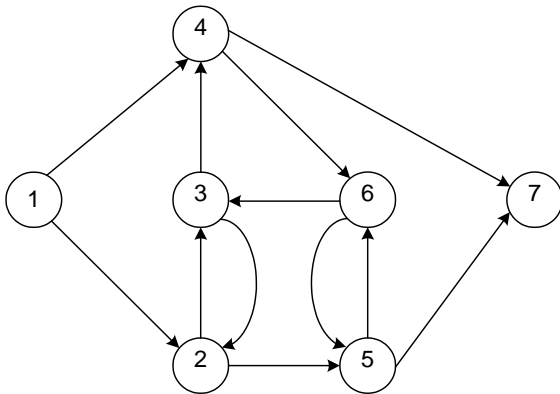


Рис. 2

Зная фундаментальную матрицу, можно рассчитать среднее время переходного режима из состояния 1 во все последующие до конечного и из любого другого состояния до конечного M_i , $i = 1, \dots, 6$:

$$M_i = \sum_{j=1}^6 N_{ij}, \quad i = 1, \dots, 6. \quad (1)$$

Для рассматриваемых исходных данных этот вектор равен

$$M = (10.01 \quad 10.72 \quad 9.69 \quad 6.43 \quad 10.87 \quad 10.94)^T$$

С помощью фундаментальной матрицы можно найти также матрицу дисперсий времени пребывания процесса в каждом из состояний:

$$D = N(2N_d - I) - N_{sq}. \quad (2)$$

Для рассматриваемых значений эта матрица равна

Найдем дисперсии для времен пребывания процесса в состояниях 2 – 6 до перехода в состояние 7. Вектор этих дисперсий равен

$$D = (89.60 \quad 91.81 \quad 92.05 \quad 75.24 \quad 91.44 \quad 90.11)^T$$

Зная вектор дисперсии, найдем векторы среднеквадратических отклонений σ и коэффициенты вариации C_v :

$$\sigma = (9.58 \quad 9.47 \quad 9.59 \quad 8.67 \quad 9.56 \quad 9.49),$$

$$C_v = (0.95 \quad 0.89 \quad 0.99 \quad 1.35 \quad 0.88 \quad 0.87)$$

Матрица A позволяет детально проследить динамику изменения вероятностей обнаружить волокна в том или ином состоянии в процессе движения продукта в зоне чесания. Для этого в качестве начального состояния зададим вектор $(1,0,0,0,0,0)$ и, последовательно многократно умножая его на матрицу A , получим цепочку вероятностей, которая показывает, как динамически меняются вероятности обнаружить волокно в каждом из состояний во времени. На рис. 3 видно, как эти вероятности состояний меняются со временем. Это позволяет оценить продолжительности переходных режимов для каждого из состояний. Вероятности состояний 1 – 6 стремятся к нулю, а седьмого состояния – к единице.

Данное описание разработано для одного узла валичной чесальной машины. Однако, как известно, на валичных машинах может быть большое число идентичных узлов (до десяти). Для того чтобы просчитать время движения волокна по всей машине, можно использовать два варианта оценки.

В первом варианте следует рассмотреть общее число состояний для всех возмож-

ных узлов и воспользоваться описанной методикой анализа. Такой подход не очень удобен, т.к. резко возрастают число состояний и размер матрицы, а точность вычислений уменьшается. При втором варианте оценивается лишь вектор вероятностей конечных состояний волокон для одного узла, а затем выполняется анализ для следующего узла с использованием этого вектора как стартового. Далее эта процедура последовательно применяется ко всем узлам.

Первый вариант расчета может оказаться более быстрым, чем второй, однако второй подход является более простым и легче поддается проверке и интерпретации результатов.

ВЫВОДЫ

Предложенное использование модели дискретного марковского процесса для анализа статистической динамики позволяет рассчитать основные характеристики переходного режима в рабочем узле валичной чесальной машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашин Н.М. Теоретическое и экспериментальное исследование процесса кардочесания волокнистых материалов: дис. ... д-ра техн. наук. Л., 1979.
2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности). М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 344 с.
3. Разумеев К.Э., Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Байчоров Т.М. Повышение эффективности выравнивания и смешивания на кардочесальных машинах с использованием вероятностных факторов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. №4(382). С. 80...83.
4. Борзунов И.Г. Вопросы кардочесания и совершенствования чесальных машин, способствующих созданию поточных линий в прядении хлопковых и химических волокон. М.: Легкая индустрия, 1966. 71 с.
5. Будников И.В., Канарский Н.Я., Раков А.П. Основы прядения. М., Л.: Государственное научно-техническое издательство текстильной, легкой и полиграфической промышленности, 1948. 355 с.
6. Механическая технология текстильных материалов / под ред. А.Г. Севостьянова. М.: Легпромбытиздат, 1989. 508 с.
7. Севостьянов П.А. Динамика и модели основных процессов прядения: рыхление, очистка, смешивание, кардо- и гребнечесание, вытягивание,

дискретизация, штапелирование, кручение, намотка, перемотка. М.: Клуб Печати, 2021.

8. Владимиров Б.М. и др. Влияние процесса чесания на обрывность в пневмопрядении // Текстильная промышленность. 1972. №1. С. 26...29.

9. Лежебрух Г.О. Методы расчета допустимого повышения производительности валичных чесальных машин. М., 1968.

10. Севостьянов А.Г., Завилевич М.Л. Матричный метод расчета динамики смешивания в процессе кардочесания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1966. №1. С. 46...54.

REFERENCES

1. Ashnin N.M. Theoretical and experimental study of the carding process of fibrous materials. Dissertation of the Doctor of Technical Sciences. L., 1979. 474 p.
 2. Sevostyanov A.G., Sevostyanov P.A. Modeling of technological processes (in the textile industry). M.: Light and food industry, 1984. 344 p.
 3. Razumeev K.E., Sevostyanov P.A., Samoylova T.A., Baychorov T.M. Improving the efficiency of leveling and mixing on cardocal machines using probabilistic factors // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No. 4(382). Pp.80-83.
 4. Borzunov I.G. Issues of carding and improvement of carding machines that contribute to the creation of production lines in the spinning of cotton and chemical fibers. Moscow: Light industry, 1966. 71 p.
 5. Budnikov I.V., Kanarsky N.Ya., Rakov A.P. Fundamentals of spinning. M., L.: State Scientific and Technical Publishing House of Textile, Light and Printing Industry, 1948. 355 s.
 6. Mechanical technology of textile materials / Edited by Doctor of Technical Sciences A.G. Sevostyanov. M.: Legprombytizdat, 1989. 508 p.
 7. Sevostyanov P.A. Dynamics and models of the main spinning processes: loosening, cleaning, mixing, carding and combing, stretching, sampling, stapling, torsion, winding, rewinding. Moscow: Club-Press, 2021. 591 p.
 8. Vladimirov B.M. et al. The influence of the carding process on the breakage in pneumatic spinning / Vladimirov B.M., Pavlova Z.V., Shirokov V.P. // Textile industry. 1972. No. 1. Pp.26-29.
 9. Lezhebrukh G.O. Methods for calculating the permissible increase in the productivity of roller carding machines. M., 1968.
 10. Sevostyanov A.G., Zavilevich M.L. Matrix method for calculating the dynamics of mixing in the carding process // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 1966. No. 1. Pp. 46-54.
- Рекомендована кафедрой информационных технологий и компьютерного дизайна РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 16.03.23.