

УДК 677.051.1

**КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ
ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ В ОСНОВНОЙ ЗОНЕ ЕЕ ОБРАБОТКИ
НА ШЛЯПОЧНОЙ КАРДОЧЕСАЛЬНОЙ МАШИНЕ**

**EFFICIENCY CRITERION FOR CLEANING
FIBROUS MASS IN THE MAIN ZONE OF ITS PROCESSING
ON THE CARDING MACHINE WITH FLATS**

*Е.А. БОГОМОЛОВ, Н.А. ВИНОГРАДОВА, Е.А. ВАРГАНОВА, А.Ф. ПЛЕХАНОВ, Х.И. ИБРОГИМОВ
E.A. BOGOMOLOV, N.A. VINOGRADOVA, E.A. VARGANOVA, A.F. PLEKHANOV, KH.I. IBROGIMOV*

*(Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова (Ивановский филиал),
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Ивановский государственный политехнический университет,
Таджикский технологический университет им. М.С. Осими, Республика Таджикистан)*

*(Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov (Ivanovo branch),
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Ivanovo State Polytechnical University,
Tajik Technological University named after M.S. Osimi, Republik of Tajikistan)*

E-mail: vonahelp@mail.ru, strelaua@mail.ru

На основе математического аппарата теории цепей Маркова построена модель движения сорных примесей в основной зоне обработки волокнистой массы на шляпочной кардочесальной машине. Определено выражение для оценки вероятности удаления сорных примесей из волокнистой массы, которое может использоваться в качестве количественного критерия эффективности очистки волокнистой массы от сорных примесей в основной зоне ее обработки на шляпочной кардочесальной машине. Предложено использовать полученное выражение для проведения теоретических исследований с целью определения оптимальных условий для очистки волокнистой массы от сорных примесей на шляпочных кардочесальных машинах.

On the basis of the mathematical apparatus of the theory of Markov chains, a model of the movement of weed impurities in the main processing zone of the fibrous mass on the carding machine with flats. An expression has been determined for assessing the probability of removing weed impurities from the fibrous mass, which can be used as a quantitative criterion for the efficiency of cleaning the fibrous mass from weed impurities in the main processing zone on the carding machine with flats. It is proposed to use the obtained expression for conducting theoretical studies with the aim of determining the optimal conditions for cleaning the fibrous mass from weed impurities on the carding machine with flats.

Ключевые слова: кардочесальная машина, процесс очистки, волокнистая масса, сорные примеси, главный барабан, шляпочное полотно, зона обработки, матрица, вероятность.

Keywords: card, flats, cleaning process, fibrous material, trash, main drum, flatbed, processing area, matrix, probability.

Зоной наиболее интенсивной обработки волокнистой массы на барабанных шляпочных кардочесальных машинах, в процессе подготовки к прядению, является основная зона чесания, расположенная между главным барабаном и шляпками, взаимодействующими с главным барабаном [1]. В этой рабочей зоне осуществляется удаление в виде шляпочных очесов из прочесываемой волокнистой массы наиболее мелких сорных примесей, коротких волокон и цепких пороков хлопка – кожицы с волокном, мягких пороков хлопка, волокнистых комплексов (узелков). С целью определения количественного критерия очищающего действия рабочих органов кардочесальных машин в основной зоне чесания нами проведен анализ процесса обработки волокнистой массы с использованием средств математического аппарата – теории цепей Маркова [2].

В качестве количественного критерия очищающего эффекта рабочей зоны "главный барабан – шляпки" кардочесальных машин можно использовать вероятность выделения сорных примесей из волокнистой массы. Формулу для использования в качестве критерия можно определить в результате построения и анализа Марковской модели движения сорных примесей в основной зоне обработки волокнистой массы, находящейся в гарнитуре главного барабана кардочесальных машин [3].

Удаление сорных примесей из волокнистой массы в зоне "главный барабан – шляпки" обеспечивается шляпками, взаимодействующими с главным барабаном. Эти шляпки можно назвать рабочими. При этом необходимо принять во внимание, что удерживающая способность, емкость и цепкость чешущих поверхностей рабочих шляпок превышает удерживающую способность чешущей поверхности главного барабана [4]; сорные примеси, перешедшие

на шляпки, полностью удаляются в отходы чистильным валиком шляпочного полотна. Вследствие этого и во избежание нецелесообразного осложнения этапов построения и последующего анализа принимаемой математической модели движения сорных примесей примем условие, что после перехода сорных примесей, соринки и кожицы с волокном в гарнитуру рабочей шляпки эти сорные примеси уже не смогут возвратиться на главный барабан кардочесальной машины.

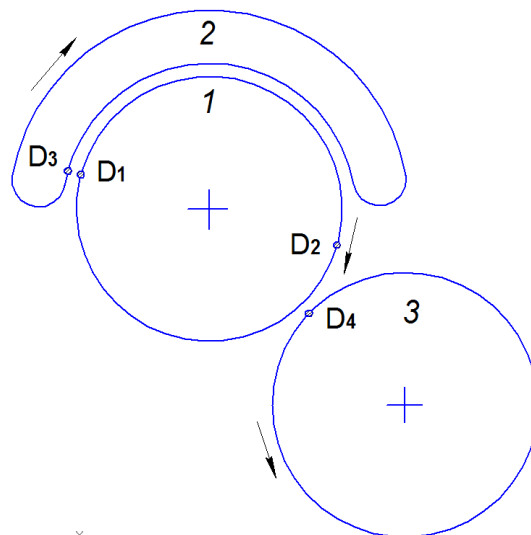


Рис. 1

В связи с вышеизложенным все шляпочное полотно, находящееся во взаимодействии с главным барабаном, будем рассматривать как единую зону поглощения пороков. Соответствующая расчетная схема такой кардочесальной машины, которая условно содержит одну шляпку, взаимодействующую с главным барабаном, и съемный барабан, взаимодействующий с главным барабаном, представлена на рис. 1. В соответствии с принятыми условиями соринки, находящиеся на главном барабане 1, а на рис. 1 это место обозначено точкой D1 могут остаться на главном барабане, при

условии перехода в положение D_2 . В случае возвращения в свое исходное положение D_1 , они могут перейти на шляпку 2 – положение D_3 , или на съемный барабан 3, положение D_4 .

Необходимо отметить, что на шляпочных кардочесальных машинах удерживающая способность, цепкость чешущей поверхности не только шляпок но и съемного барабана значительно превышает удерживающую способность чешущей поверхности главного барабана [4]. Поэтому примем условие, что после перехода соринки на шляпки или съемный барабан она уже не сможет вернуться на главный барабан. Это означает, что рабочие органы кардочесальной машины, которые обозначены на рис. 1 цифрами 2 и 3 и, соответственно, – положения соринки, которые обозначены как D_3 и D_4 , – являются зонами поглощения [3], [5]. Поэтому вероятностная модель движения соринки в зонах обработки волокнистой массы "главный барабан – шляпки" и "главный барабан – съемный барабан" будет иметь вид, который показан на рис. 2, где D_1 и D_2 – местоположения соринки в зоне поглощения сорных примесей на главном барабане; D_3 – местоположение соринки в зоне поглощения сорных примесей на шляпочном полотне; D_4 – местоположение соринки в зоне поглощения сорных примесей на съемном барабане; q_1 , q_2 – это вероятности дальнейшего пребывания соринки на главном барабане, после его взаимодействия со шляпкой и с шляпкой и съемным барабаном; P_1 – вероятность перехода соринки на шляпку; S_2 – вероятность перехода соринки на съемный барабан.

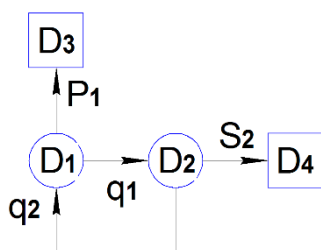


Рис. 2

Необходимо принять во внимание, что соринка, которая находится в основной зоне обработки волокнистой массы, может с

вероятностью q_1 остаться на главном барабане, если эта соринка перейдет в положение D_2 , или эта же соринка может с вероятностью P_1 выделиться на шляпку, если данная соринка перейдет в положение D_3 . Причем, если соринка попадет на шляпку, то она уже не сможет вернуться на главный барабан. Но, если соринка останется на главном барабане (в положении D_2), то она может: либо с вероятностью S_2 перейти на съемный барабан; либо с вероятностью q_2 вернуться в свое исходное положение D_1 .

Примем следующие допущения.

1. Волокнистая масса состоит из отдельных, не связанных между собой волокон и мелких и цепких растительных, и минеральных сорных примесей, сорных волокнистых комплексов в виде узелков, соринки.

2. Вероятности выделения соринки в неосновных зонах обработки волокнистой массы, находящейся на главном барабане – "главный барабан – съемный барабан" и "главный барабан – колосники (соровыделяющая решетка)", равны нулю.

3. Дробление соринки в процессе кардочесания отсутствует.

4. Кардочесальная машина не создает дополнительные сорные примеси.

Теперь все варианты вероятностного поведения соринки при ее движении в двух вышеуказанных основных зонах обработки волокнистой массы на шляпочной кардочесальной машине (между главным барабаном и шляпками и между главным и съемным барабанами) могут быть представлены с помощью стохастической матрицы P -перехода за один шаг, которая имеет следующий вид:

	3	4	1	2
3	1			
4		1		
1	P_1			q_1
2		S_2	q_2	

$$P = \begin{bmatrix} I & O \\ R & Q \end{bmatrix}$$

Под шагом системы понимаем переход соринки в новое положение. Элементы матрицы P , которые стоят на пересечении i -й строки и j -го столбца, дадут вероятность

перехода из положения D_i в положение D_j за один шаг.

Матрицу P -перехода за один шаг можно рассматривать, для удобства проведения действий над ней, как расчлененную матрицу, которая состоит из четырех подматриц [5], где Q – подматрица, состоящая из 3-й и 4-й строк и 3-го и 4-го столбцов; R – подматрица, состоящая из 3-й и 4-й строк и 1-го и 2-го столбцов; O – подматрица, состоящая из 1-й и 2-й строк и 3-го и 4-го столбцов; I – подматрица, состоящая из 1-й и 2-й строк и 1-го и 2-го столбцов.

Подматрицы Q , R , O , I имеют разный физический смысл: Q – подматрица перехода системы из одних транзитных положений в другие; O – нулевая подматрица перехода системы из одних транзитных положений в другие; R – подматрица перехода системы из транзитных положений в поглощающие; I – единичная подматрица поглощающих состояний, элементы главной диагонали которой равны 1, а все остальные компоненты равны нулю.

$$K = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix},$$

Под алгебраическим дополнением элемента K_{ij} понимают определитель матрицы, полученной вычеркиванием из первоначальной матрицы i -й строки и j -го столбца и умноженной на $(-1)^{i+j}$.

Учитывая вышеизложенное, расчет матрицы B вероятностей поглощения порока выполняем следующим образом:

$$I-Q = \begin{bmatrix} 1 & -q_1 \\ -q_2 & 1 \end{bmatrix}.$$

Определитель d матрицы $I - Q$ равен: $d = 1 - (-q_2)(-q_1) = 1 - q_2q_1$.

Для определения основной матрицы $N = (I - Q)^{-1}$, математических ожиданий числа попаданий системы (соринки) в невозвратные состояния при условии, что она (соринка) начнет движение из какого-либо другого невозвратного положения, нужно определить матрицу $(I - Q)$. При этом будем учитывать, что $q_i = 1 - p_i$.

Матрица $(I - Q)$ есть матрица, обратная основной матрице $(I - Q)^{-1}$. Но матрица, обратная матрице K , есть присоединенная матрица K^* , элементы которой поделены на определитель матрицы K [5]. В свою очередь матрицей, присоединенной матрицы K , которая состоит из элементов K_{ij} , называется матрица K^* , составленная из алгебраических дополнений к элементам матрицы K . Причем алгебраическое дополнение к элементу K_{ij} стоит на пересечении j -й строки и i -го столбца. Следовательно, если дана матрица K , то тогда матрица K^* будет обратной к матрице K :

$$K^* = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{21} & \dots & K_{n1} \\ K_{12} & K_{22} & \dots & K_{n2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{1n} & K_{2n} & \dots & K_{nn} \end{bmatrix}.$$

Соответственно алгебраические дополнения равны:

$$D_{11} = \begin{bmatrix} 1 & -q_1 \\ -q_2 & 1 \end{bmatrix} = 1,$$

$$D_{21} = \begin{bmatrix} 1 & -q_1 \\ -q_2 & 1 \end{bmatrix} = q_1.$$

Таким образом, первая строка фундаментальной матрицы будет равна:

$$\begin{array}{|c|c|} \hline \frac{1}{1-q_1q_2} & \frac{q_1}{1-q_1q_2} \\ \hline \end{array}$$

$$n_{11} = \frac{D_{11}}{d} = \frac{1}{1-q_1q_2}, \quad n_{12} = \frac{D_{21}}{d} = \frac{q_1}{1-q_1q_2}.$$

Матрица вероятностей поглощения системы определенным поглощающим состоянием имеет вид: $B = \{b_{ij}\} = NR$ [6]. Тогда вероятность поглощения соринки определенным поглощающим состоянием может быть определена матрицей, первая строка которой имеет следующий вид:

$$B=1 \quad \begin{array}{|c|c|} \hline & \begin{array}{c} 3 \\ 4 \end{array} \\ \hline \frac{P_1}{1-q_1q_2} & \frac{q_1S_2}{1-q_1q_2} \\ \hline \end{array}$$

а именно:

$$\begin{array}{|c|c|} \hline \frac{1}{1-q_1q_2} & \frac{q_1}{1-q_1q_2} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|c|} \hline P_1 & \\ \hline \\ \hline \\ \hline S_2 & \\ \hline \end{array} = B.$$

Следовательно, вероятность того, что соринка из волокнистой массы, находящейся на главном барабане, будет в процессе кардочесания из этой массы удалена, равна первому элементу первой строки матрицы B , представляющему собой выражение:

$$b_n = \frac{P_1}{1-q_1q_2}.$$

ВЫВОДЫ

1. С использованием математического аппарата теории цепей Маркова построена модель движения сорных примесей в основной зоне обработки волокнистой массы на шляпочной кардочесальной машине.

2. Получено выражение для определения вероятности удаления сорных примесей из волокнистой массы в основной зоне ее обработки на шляпочной кардочесальной машине, находящейся между главным барабаном и шляпками.

3. Показано, что для исследования особенностей процесса очистки волокнистой массы от сорных примесей на шляпочных

кардочесальных машинах может быть применен математический аппарат теории цепей Маркова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разумеев К.Э., Павлов Ю.В., Плеханов А.Ф., Ашнин Н.М. Теоретические основы технологии прядения. – Иваново: ИВГПУ, 2014.
2. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. – М.: Наука, 1984.
3. Ашнин Н.М. Кардочесание волокнистых материалов. – М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985.
4. Оренбах С.Б. Гарнитура чесальных машин. – М.: Легпромбытиздат, 1987.
5. Кемени Дж., Снелл Дж. Конечные цепи Маркова. – М.: Наука, 1970.
6. Ашнин Н.М. Теоретическое и экспериментальное исследование процесса кардочесания волокнистых материалов: Дис...докт. техн. наук. – Л. (СПб), ЛИТЛП (СПбГУТД), 1980.

REFERENCES

1. Razumeev K.E., Pavlov Yu.V., Plekhanov A.F., Ashnin N.M. Teoreticheskie osnovy tekhnologii pryadeniya. – Ivanovo: IVGPU, 2014.
2. Voevodin V.V., Kuznetsov Yu.A. Matritsy i vychisleniya. – M.: Nauka, 1984.

3. Ashnin N.M. Kardochesanie voloknistykh materialov. – M.: Legkaya promyshlennost' i bytovoe obsluzhivanie, 1985.

4. Orenbakh S.B. Garnitura chesal'nykh mashin. – M.: Legprombytizdat, 1987.

5. Kemeni Dzh., Snell Dzh. Konechnye tsepi Markova. – M.: Nauka, 1970.

6. Ashnin N.M. Teoreticheskoe i eksperimental'noe issledovanie protsessa kardochesaniya voloknistykh materialov: Dis....dokt. tekhn. nauk. – L. (SPb), LITLP (SPbGUTD), 1980.

Рекомендована кафедрой текстильных технологий РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 25.11.19.
