

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ УДАЛЕНИЯ ПОРОКА В ОСНОВНОЙ РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ШЛЯПОЧНОЙ КАРДОЧЕСАЛЬНОЙ МАШИНЫ

*У роботі проаналізований процес очищення волокнистого матеріалу в основній робочій зоні однобарабанної шляпної кардочесальної машини. У результаті цього аналізу отримане рівняння для обчислення ймовірності видалення пороку з волокнистого матеріалу в зоні між шляпками й головним барабаном кардочесальної машини. Це рівняння необхідно для визначення умов найбільш ефективного очищення волокнистого матеріалу на однобарабанних шляпних кардочесальних машинах.*

*Process of cleaning of fibred material in a basic working area of hat card machine with one main drum, is analysed in this work. As a result of this analysis the equalization for the calculation of probability of deleting of litter admixture from fibred material in the area between hats and main drum of kard machine is got. This equalization can be used for determination of terms of the most effective cleaning of fibred material in hat kard machines with one main drum.*

Ключові слова: кардочесальные машины, процесс очистки, волокнистый материал.

Основным типом кардочесальных машин хлопкопрядильных производств являются шляпочные однобарабанные кардочесальные машины. Наиболее интенсивное прочесывание волокнистого материала на этих машинах осуществляется в их основной рабочей зоне, которая находится между главным барабаном и шляпками данных кардочесальных машин [1]. В этой же зоне шляпочных кардочесальных машин происходит и основная очистка прочесываемого волокнистого материала от наиболее мелких, цепких и вредных растительных, минеральных и волокнистых сорных примесей (пороков). Поэтому, важнейшим элементом анализа очищающего действия однобарабанных шляпочных кардочесальных машин, является определение количественных параметров процесса очистки волокнистого материала в зоне между главным барабаном и шляпками этих машин.

Объектом исследования является технологический процесс очистки волокнистого материала в основной рабочей зоне шляпочных однобарабанных кардочесальных машин, которая находится между их главным барабаном и шляпками. Для исследования данного технологического процесса были применены методы и средства математического аппарата теории цепей Маркова [2].

Задачей исследования было получение количественного критерия очищающего действия рабочей зоны: "главный барабан – шляпки", которая является основной зоной обработки (прочесывания и очистки) волокон на однобарабанном типе шляпочных кардочесальных машин. Успешное решение данной задачи позволит расширить объем информации по особенностям обработки волокнистого материала в указанной рабочей зоне, с целью определения условий наиболее эффективной очистки волокнистого материала в процессе кардочесания на однобарабанных шляпочных кардочесальных машинах.

Для совершенствования текстильных технологических процессов и поиска решений других научно-технических проблем текстильных производств, без затрат сырья, электроэнергии и других производственных ресурсов, обычно используют информацию, получаемую на основе анализа результатов соответствующих теоретических исследований.

Однако, для проведения теоретических исследований процесса очистки волокнистого материала в основной рабочей зоне шляпочной кардочесальной машины, необходимы расчетные количественные характеристики данного процесса очистки. В качестве такой количественной характеристики можно использовать вероятность выделения порока в зоне: "главный барабан – шляпки". Формулу для этой характеристики можно определить в результате построения и анализа Марковской модели движения порока в основных зонах обработки волокнистого материала на указанном типе кардочесальных машин. Такими рабочими зонами на однобарабанных шляпочных кардочесальных машинах являются: "главный барабан – шляпки" и "главный барабан – съемный барабан" [3].

Удаление пороков из волокнистого материала в зоне "главный барабан – шляпки", обеспечивается всеми шляпками, которые входят в состав шляпочного полотна. Поэтому, для упрощения анализа характера движения порока в процессе кардочесания, все шляпочное полотно будем рассматривать как единую зону поглощения пороков. Соответствующая расчетная схема такой кардочесальной машины, которая условно содержит одну шляпку, один главный барабан и один съемный барабан, представлена на рис. 1. Тогда порок, который находится на главном барабане 1 (на рис. 1 это местонахождение порока обозначено как  $D_1$ ), может остаться на главном барабане, при условии перехода данного порока в положение  $D_2$ . И этот же порок, после его возвращения в свое исходное положение  $D_1$ , может перейти на шляпку 2 (это положение  $D_3$ ), или на съемный барабан 3 (это положение  $D_4$ ).

Необходимо отметить, что на шляпочных кардочесальных машинах удерживающая способность (цепкость) чешущих поверхностей шляпок и съемного барабана, значительно превышает удерживающую способность чешущей поверхности главного барабана [4]. Следовательно, можно принять, что после перехода порока на шляпки или на съемный барабан, порок уже не сможет возвратиться на главный барабан. Это означает, что рабочие органы кардочесальной машины, которые обозначены на рис 1 цифрами 2 и 3 и, соответственно, – положения порока, которые обозначены как  $D_3$  и  $D_4$ , – являются зонами

поглощения [3, 5]. Поэтому, вероятностная модель движения порока в основных зонах обработки волокнистого материала: "главный барабан – шляпки" и "главный барабан – съемный барабан", будет иметь вид, который показан на рис. 2.

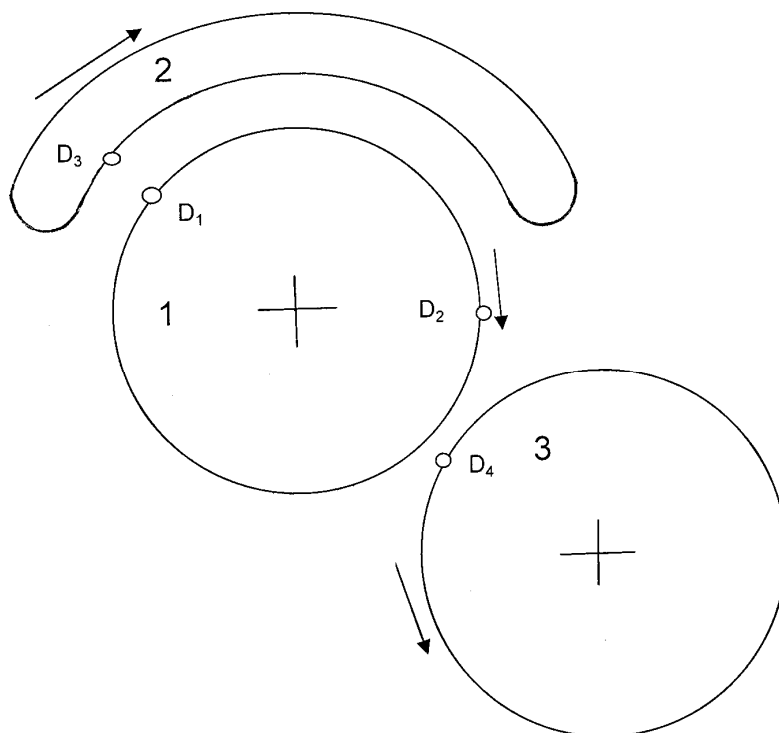


Рис. 1. Расчетная схема движения порока в зонах: "главный барабан – шляпки" и "главный барабан – съемный барабан" на однобарабанной шляпочной кардочесальной машине

Необходимо принять во внимание, что порок, который находится в основной зоне обработки волокнистого материала, может с вероятностью  $q_1$  остаться на главном барабане, если этот порок перейдет в положение  $D_2$ , или, этот же порок может с вероятностью  $P_1$  выделиться на шляпку, если он перейдет в положение  $D_3$ . Причем, если порок попадет на шляпку, то он уже не сможет вернуться на главный барабан. Но, если порок останется на главном барабане (т.е., в положении  $D_2$ ), то он 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. Считаем, что волокнистая масса составлена из отдельных, не связанных между собой волокон и мелких, цепких и вредных растительных, минеральных и волокнистых сорных примесей (пороков).

2. Пренебрегаем вероятностями выделения пороков в пассивных зонах очистки волокон: "главный барабан – съемный барабан" и "главный барабан – колосники (решетка)"

3. Дробление пороков в процессе кардочесания отсутствует.

4. Кардочесальная машина не создает пороки.

Теперь, все варианты вероятностного поведения порока при его движении в двух вышеуказанных основных зонах обработки волокнистого материала на однобарабанных шляпочных кардочесальных машинах (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:

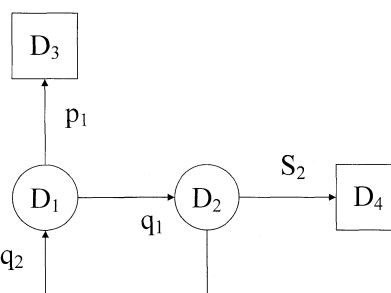


Рис. 2. Вероятностная модель движения порока в зонах "главный барабан – шляпки" и "главный барабан – съемный барабан" на однобарабанной шляпочной кардочесальной машине

тут  $D_1$  и  $D_2$  – местоположения порока в зоне поглощения пороков на главном барабане;  $D_3$  – местоположение порока в зоне поглощения пороков на шляпочном полотне;  $D_4$  – местоположение порока в зоне поглощения пороков на съемном барабане;  $q_1, q_2$  – это вероятности дальнейшего пребывания порока на главном барабане, после его взаимодействия со шляпкой и, – со шляпкой и съёмным барабаном;  $P_1$  – вероятность перехода порока на шляпку;  $S_2$  – вероятность перехода порока на съёмный барабан.

	3	4	1	2
3	1			
4		1		
1	p <sub>1</sub>			q <sub>1</sub>
2		S <sub>2</sub>	q <sub>2</sub>	

Под шагом системы понимаем переход порока 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], если преобразовать ее к виду:

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

где  $Q$  – подматрица, которая состоит из 3-й и 4-й строк и 3-го и 4-го столбцов;  
 $R$  – подматрица, которая состоит из 3-й и 4-й строк и 1-го и 2-го столбцов;  
 $O$  – подматрица, которая состоит из 1-й и 2-й строк и 3-го и 4-го столбцов;  
 $I$  – подматрица, которая состоит 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 0.

Для определения основной матрицы:  $N = (I - Q)^{-1}$ , математических ожиданий числа попаданий системы (порока) в невозвратные состояния, при условии, что он (порок) 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:

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

то тогда матрица  $K^*$  будет обратной к матрице  $K$  и следовательно, матрицу  $K^*$  необходимо представить в виде:

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

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:

$$d = 1 - (-q_2) * (-q_1) = 1 - q_2 * q_1$$

Соответственно, алгебраические дополнения равны:

$$D_{11} = \begin{vmatrix} 1 & -q_1 \\ -q_2 & 1 \end{vmatrix} = 1 \quad D_{21} = \begin{vmatrix} 1 & -q_1 \\ -q_2 & 1 \end{vmatrix} = q_1$$

Таким образом, первая строка фундаментальной матрицы будет равна:

$$\begin{vmatrix} \frac{1}{1 - q_1 * q_2} & \frac{q_1}{1 - q_1 * q_2} \end{vmatrix}$$

$$n_{11} = \frac{D_{11}}{d} = \frac{1}{1 - q_1 * q_2};$$

$$n_{12} = \frac{D_{21}}{d} = \frac{q_1}{1 - q_1 * q_2}$$

Матрица вероятностей поглощения системы определенным поглощающим состоянием, имеет вид:

$B = \{b_{ij}\} = N * R$  [6]. Тогда, вероятность поглощения порока определенным поглощающим состоянием, может быть определена матрицей, первая строка которой имеет следующий вид:

$$B = \begin{vmatrix} \frac{P_1}{1 - q_1 * q_2} & \frac{q_1 * S_2}{1 - q_1 * q_2} \end{vmatrix}$$

А именно:

$$\begin{vmatrix} \frac{1}{1 - q_1 * q_2} & \frac{q_1}{1 - q_1 * q_2} \\ & \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} P_1 & \\ & S_2 \end{vmatrix} = B$$

Следовательно, вероятность того, что порок из волокнистого слоя на главном барабане будет в процессе кардочесания удален, равна первому элементу первой строки матрицы  $B$ , который представляет собой следующее выражение:

$$b_n = \frac{P_1}{1 - q_1 * q_2}$$

Таким образом, для оценки очищающего действия однобарабанных шляпочных кардочесальных машин предложен количественный критерий: вероятность удаления порока из волокнистого материала в основной рабочей зоне этих машин, которая находится между шляпками и главным барабаном данных кардочесальных машин. При этом показано, что для определения указанной вероятности может быть использован математический аппарат теории цепей Маркова. На основе анализа технологического процесса очистки волокнистого материала на однобарабанной шляпочной кардочесальной машине определено уравнение для вычисления вероятности удаления порока из волокнистого материала в основной рабочей зоне этой машины.

### Литература

1. Прядение хлопка и химических волокон (проектирование смесей, приготовление холстов, чесальной и гребенной ленты): Учебник для вузов [Борзунов И. Г., Бадалов К. И., Гончаров В. Г. и др.]. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 376 с.
2. Воеводин В. В. Матрицы и вычисления / В. В. Воеводин, Ю. А. Кузнецов. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
3. Ашнин Н. М. Кардочесание волокнистых материалов. / Ашнин Н. М. – М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985. – 144 с.
4. Оренбах С. Б. Гарнитура чесальных машин. / Оренбах С. Б. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 120 с.
5. Кемени Дж. Конечные цепи Маркова / Дж. Кемени, Дж. Снелл. – М.: Наука, 1970. – 201 с.
6. Ашнин Н. М. Теоретическое и экспериментальное исследование процесса кардочесания волокнистых материалов: дис. ... доктора техн. н. / ЛИТЛП (СПбГУТД). – Л., 1980.

Надійшла 6.9.2010 р.