

УДК 677.051.174

К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССА ВОЛОКНООБМЕНА В ШЛЯПОЧНОЙ ЧЕСАЛЬНОЙ МАШИНЕ НОРМАЛЬНОГО ГАБАРИТА

С. Д. БЕЛОГОЛОВЦЕВ, А. А. ВИНОГРАДОВ, В. М. ЗАРУБИН,
АБДУЛ РАХИМ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Неровнота чесальной ленты и производительность шляпочной чесальной машины, снабженной устройством регенерации шляпочного очеса (УРШО), существенно зависит от организации волокнообмена в процессе кардочесания. Для исследования этих показателей используют аппарат линейных динамических систем [1, 2, 3] и теорию цепей Маркова [4, 5, 6].

Рассмотрим более детально потери волокнистой массы, выпадающей в угары, и среднее время пребывания волокна на шляпочном полотне при различных вариантах возврата регенерируемого волокна.

Воспользуемся обозначениями и некоторыми формулами из [7]. Доля волокон, выходящих из УРШО, по отношению к волокнам, поступающим на съемный барабан, выражается формулой [7]:

$$\bar{\eta}_{ш} \bar{k}_{оч} / (\bar{k}_{оч} \bar{k}_c),$$

где $\eta_{ш}$ — доля волокон, выпадающих в угары в УРШО, по отношению к волокнам, поступающим в УРШО, $\bar{\eta}_{ш} = 1 - \eta_{ш}$;
 $k_{оч}$ — доля волокон, попадающих в УРШО, по отношению к попадающим под шляпочное полотно $\bar{k}_{оч} = 1 - k_{оч}$;
 k_c — коэффициент съема съемного барабана.

Согласно [7], если поток волокна из УРШО направить на съемный барабан, то этот поток полностью прибавляется к основному потоку.

Существует возможность возврата регенерированного волокна через бункер (рис. 1). Проведем различие интенсивности выпадания волокна в угары вблизи приемного барабана: $\eta_{пр}$ — доля волокон, выпадающих из потока, поступающего по главному барабану в зону приемного барабана, $\eta_{пр1}$ — доля волокон, выпадающих из потока, выходящего через бункер.

Возврат волокна от начала шляпочного полотна снова в ту же позицию назовем циклом, который может осуществляться через УРШО или по главному барабану, минуя съемный. Вероятность прохождения волокна через УРШО за цикл $\bar{k}_{оч} \bar{\eta}_{ш} \bar{\eta}_{пр1}$ и вероятность прохождения по главному барабану $\bar{k}_{оч} \bar{k}_c \bar{\eta}_{пр}$, тогда вероятность прохождения цикла a и вероятность попадания волокна на съем при прохождении цикла b выражаются формулами:

$$a = \bar{k}_{оч} \bar{\eta}_{ш} \bar{\eta}_{пр1} + \bar{k}_{оч} \bar{k}_c \bar{\eta}_{пр},$$

$$b = \bar{k}_{оч} \bar{k}_c. \quad (1)$$

Любое волокно, попавшее в начало шляпочного полотна, совершил первый цикл с вероятностью a или попадет на съем с вероятностью b , а второй цикл осуществит с вероятностью a^2 или попадет на съем при втором прохождении цикла с вероятностью ab и т. д.

Таким образом, вероятность окончательного перехода на съем волокна, попавшего в начало шляпочного полотна, имеет вид

$$c = b + ab + a^2b + \dots = b / (1 - a). \quad (2)$$

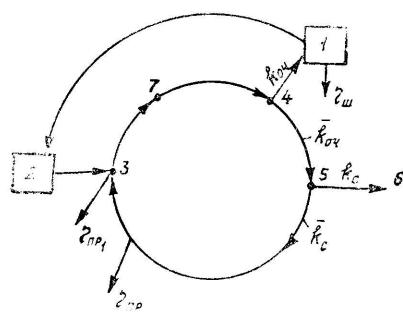


Рис. 1.

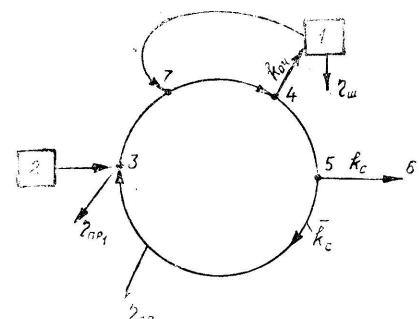


Рис. 2.

Волокно, прошедшее через УРШО, с вероятностью $\bar{\eta}_{\text{пр1}}$ попадет в начало шляпочного полотна и, следовательно, с вероятностью $\bar{\eta}_{\text{пр1}}c = \bar{\eta}_{\text{пр1}}b/(1-a)$ окончательно перейдет на съем. Таким образом, доля K волокна, прошедшего через УРШО и попадающего на съем, записывается в виде

$$K = \bar{\eta}_{\text{пр1}}c, \quad (3)$$

$\bar{K} = 1 - K$ — доля волокна, поступившего в угары.

Оценим среднее время $T_{\text{об}}$ пребывания волокна на шляпочном полотне, используя величину T [8], 7] среднего времени пребывания волокна на шляпочном полотне за один цикл.

Пусть p_i — вероятность того, что новое волокно, только попавшее в обработку, i раз пройдет через шляпочное полотно. Тогда

$$\begin{aligned} p_1 &= \bar{\eta}_{\text{пр1}}(1-a), \quad p_2 = \bar{\eta}_{\text{пр1}}a(1-a), \dots, \quad p_i = \bar{\eta}_{\text{пр1}}a^{i-1}(1-a), \dots \\ T_{\text{об}} &= T \sum_{i=1}^{\infty} ip_i = T \bar{\eta}_{\text{пр1}}(1-a) \sum_{i=1}^{\infty} ia^{i-1} = \\ &= T \bar{\eta}_{\text{пр1}} / (1-a). \end{aligned} \quad (4)$$

Отметим в этом случае некоторые соотношения, связывающие вход и выход волокна. Пусть q — число волокон, поступивших за единицу времени в начало шляпочного полотна. Тогда $q\bar{k}_{\text{оч}}\bar{\eta}_{\text{ш}}$ волокон попадет в бункер из УРШО и столько же выйдет из бункера (установившийся режим). К ним добавляется s новых волокон из бункера (вход за единицу времени); $(q\bar{k}_{\text{оч}}\bar{\eta}_{\text{ш}} + s)\bar{\eta}_{\text{пр1}}$ волокон поступят на главный барабан, где уже находятся $q\bar{k}_{\text{оч}}\bar{k}_c\bar{\eta}_{\text{пр}}$ волокон, пришедших по главному барабану, минуя съемный. Тогда справедливо равенство

$$\left. \begin{aligned} (q\bar{k}_{\text{оч}}\bar{\eta}_{\text{ш}} + s)\bar{\eta}_{\text{пр1}} + q\bar{k}_{\text{оч}}\bar{k}_c\bar{\eta}_{\text{пр}} &= q \\ \text{или} \quad s &= q(1 - (\bar{k}_{\text{оч}}\bar{k}_c\bar{\eta}_{\text{пр}} + \bar{k}_{\text{оч}}\bar{\eta}_{\text{ш}}\bar{\eta}_{\text{пр1}})) / \bar{\eta}_{\text{пр1}}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

На съем за единицу времени поступает r волокон:

$$r = q\bar{k}_{\text{оч}}k_c. \quad (6)$$

Величины (5) и (6) связаны соотношением

$$d = s - r = (s + q\bar{k}_{\text{оч}}\bar{\eta}_{\text{ш}})\bar{\eta}_{\text{пр1}} + q\bar{k}_{\text{оч}}\bar{\eta}_{\text{ш}} + q\bar{k}_{\text{оч}}\bar{k}_c\bar{\eta}_{\text{пр}}, \quad (7)$$

которое учитывает количественное превосходство входа волокна над его выходом на величину d потерю в угары.

Третья возможность возврата регенерированного волокна производится через главный барабан в начало шляпочного полотна (рис. 2). Сохраняя прежнее понятие цикла, выразим вероятности a осуществления цикла и b попадания волокна на съем

$$a = \bar{k}_{\text{оч}}\bar{\eta}_{\text{ш}} + \bar{k}_{\text{оч}}\bar{k}_c\bar{\eta}_{\text{пр}}, \quad b = \bar{k}_{\text{оч}}k_c. \quad (8)$$

Формулы (2) и (4) верны и в этом случае. Волокно, прошедшее через

УРШО, обязательно попадет в начало шляпочного полотна, поэтому вероятность K того, что волокно попадет на съем, составит $K=c$.

В данном случае из УРШО к началу шляпочного полотна за единицу времени приходят $q\bar{k}_{\text{очш}}$ волокон, из бункера $s\bar{\eta}_{\text{пр1}}$ волокон, а по главному барабану, минуя съемный, $q\bar{k}_{\text{очш}}\bar{k}_{\text{сш}}$ волокон. И здесь справедливо равенство

$$q\bar{k}_{\text{очш}} + s\bar{\eta}_{\text{пр1}} + q\bar{k}_{\text{очш}}\bar{k}_{\text{сш}} = q$$

или

(9)

$$s = q(1 - (\bar{k}_{\text{очш}}\bar{k}_{\text{сш}} + \bar{k}_{\text{очш}})) / \bar{\eta}_{\text{пр1}}.$$

Несмотря на то, что формула (6) справедлива, но q в этих двух случаях различно и формула (7) примет вид

$$s - r = s\bar{\eta}_{\text{пр1}} + q\bar{k}_{\text{очш}} + q\bar{k}_{\text{очш}}\bar{k}_{\text{сш}}. \quad (10)$$

Для сравнения примем за основу базовую процедуру без УРШО. Тогда

$$a = \bar{k}_{\text{очш}}\bar{k}_{\text{сш}}, b = \bar{k}_{\text{очш}}k_{\text{сш}} \quad (11)$$

и формулы (2), (4) и (6) верны, а также справедливо равенство

$$q\bar{k}_{\text{очш}}\bar{k}_{\text{сш}} + s\bar{\eta}_{\text{пр1}} = q$$

или

$$s = q(1 - \bar{k}_{\text{очш}}\bar{k}_{\text{сш}}) / \bar{\eta}_{\text{пр1}}, \quad (12)$$

$$s - r = s\bar{\eta}_{\text{пр1}} + q\bar{k}_{\text{очш}} + q\bar{k}_{\text{очш}}\bar{k}_{\text{сш}}. \quad (13)$$

Используем верхние индексы 0, 1, 2, 3 для указания базовой процедуры соответственно 1-го, 2-го и 3-го случаев. Например, $s^{(i)}$ — вход за единицу времени в i -м случае. Из (11), (1) и (8)

$$\begin{aligned} b^{(0)} &= \bar{k}_{\text{очш}}k_{\text{сш}}, \quad b^{(3)} = b^{(2)} = b^{(1)} = b^{(0)}, \\ a^{(0)} &= \bar{k}_{\text{очш}}\bar{k}_{\text{сш}}\bar{\eta}_{\text{пр1}}, \quad a^{(1)} = a^{(0)}, \quad a^{(2)} = a^{(0)} + \\ &+ k_{\text{очш}}\bar{k}_{\text{сш}}\bar{\eta}_{\text{пр1}}, \quad a^{(3)} = a^{(0)} + k_{\text{очш}}\bar{\eta}_{\text{ш}}. \end{aligned} \quad (14)$$

Поскольку (4) верна во всех случаях,

$$T^{(i)\text{об}} = T\bar{\eta}_{\text{пр1}} / (1 - a^{(i)}) \quad (i = 0, \dots, 3). \quad (15)$$

Загрузка главного барабана перед шляпочным полотном в базисной процедуре и в случаях 1, 2 одинакова, поэтому $q^{(2)} = q^{(1)} = q^{(0)}$. При базовой процедуре и случаях 1 и 3 питание происходит одинаково новыми волокнами, поэтому $s^{(3)} = s^{(1)} = s^{(0)}$. Из (9) и (5)

$$s^{(3)}/s^{(2)} = q^{(3)}/q^{(2)}, \text{ то есть } q^{(3)} = q^{(2)}s^{(3)}/s^{(2)}$$

и с учетом отмеченных соотношений

$$q^{(3)} = q^{(0)}s^{(0)}/s^{(2)}. \quad (16)$$

Формулы (12), (9) и (5) дают выражения

$$\begin{aligned} s^{(0)} &= q^{(0)}(1 - \bar{k}_{\text{оч}} \bar{k}_c \bar{\eta}_{\text{пр}}) / \bar{\eta}_{\text{пр}}, \quad s^{(1)} = s^{(0)}, \\ s^{(2)} &= s^{(0)} - q^{(0)} \bar{k}_{\text{оч}} \bar{\eta}_{\text{ш}}, \quad s^{(3)} = s^{(0)}. \end{aligned} \quad (17)$$

Учитывая (16) и равенства $q^{(i)}$ при $i=0, 1, 2$, а также (6), получаем

$$\begin{aligned} r^{(0)} &= q^{(0)} \bar{k}_{\text{оч}} k_c, \quad r^{(1)} = r^{(0)}(1 + \bar{\eta}_{\text{ш}} \bar{k}_{\text{оч}} / (\bar{k}_{\text{оч}} k_c)), \\ r^{(2)} &= r^{(0)}, \quad r^{(3)} = r^{(0)} s^{(0)} / s^{(2)}. \end{aligned} \quad (18)$$

Согласно (10) и (13) потери в угары за единицу времени:

$$\begin{aligned} d^{(0)} &= s^{(0)} \bar{\eta}_{\text{пр}} + q^{(0)} \bar{k}_{\text{оч}} + q^{(0)} \bar{k}_{\text{оч}} \bar{k}_c \bar{\eta}_{\text{пр}}, \\ d^{(1)} &= d^{(0)} - r^{(0)} \bar{\eta}_{\text{ш}} \bar{k}_{\text{оч}} / \bar{k}_{\text{оч}} k_c = d^{(0)} - q^{(0)} \bar{k}_{\text{оч}}, \\ d^{(2)} &= s^{(0)} - q^{(0)} \bar{k}_{\text{оч}} \bar{\eta}_{\text{ш}} - r^{(2)} = d^{(0)} - q^{(0)} \bar{k}_{\text{оч}} \bar{\eta}_{\text{ш}}, \\ d^{(3)} &= s^{(0)} - r^{(0)}(1 + \bar{k}_{\text{оч}} \bar{\eta}_{\text{ш}} \bar{\eta}_{\text{пр}}) / (1 - \bar{k}_{\text{оч}} \bar{k}_c \bar{\eta}_{\text{пр}} - \\ &\quad - \bar{k}_{\text{оч}} \bar{\eta}_{\text{ш}} \bar{\eta}_{\text{пр}}) = d^{(0)} - q^{(0)} \bar{k}_{\text{оч}} k_c \bar{k}_{\text{оч}} \bar{\eta}_{\text{ш}} \bar{\eta}_{\text{пр}} / \\ &\quad / (1 - \bar{k}_{\text{оч}} \bar{k}_c \bar{\eta}_{\text{пр}} - \bar{k}_{\text{оч}} \bar{\eta}_{\text{ш}} \bar{\eta}_{\text{пр}}). \end{aligned} \quad (19)$$

Заметим, что $\bar{\eta}_{\text{пр}} c$ — вероятность окончательного поступления на съем волокна, вышедшего из бункера. Тогда $(1 - \bar{\eta}_{\text{пр}} c)$ — вероятность попадания этого волокна в угары, то есть за единицу времени в угары с учетом (2) попадет

$$d^{(i)} = (1 - \bar{\eta}_{\text{пр}} b^{(i)}) / (1 - a^{(i)}) s^{(i)} (i=0, \dots, 3). \quad (20)$$

ВЫВОДЫ

1. Для трех различных способов организации возврата потока регенированных волокон из УРШО получены количественные оценки расхода сырья за единицу времени (17), производительности (18) и потерю в угары (19), (20).

2. Формулы (15) и (14) позволяют оценить общее среднее время пребывания волокна на шляпочном полотне, характеризующее качество прочеса.

ЛИТЕРАТУРА

- Гинзбург Л. Н. и др. Динамика основных процессов прядения. — М.: Легкая индустрия, 1970.
- Севостьянов А. Г. // Текстильная промышленность. — 1968, № 3. С. 23..25.
- Каган Ф. И., Белоголовцев С. Д. Процесс чесания хлопка как динамическая система/Учеб. пособие. — Иваново, 1979.
- Monfort F. // Journal of the Textile Institute. — 1962, № 8. Р. 379..393.
- Ашинин Н. М., Труевцев Н. И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1965, № 3. С. 60..72.
- Ашинин Н. М., Труевцев Н. И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1965, № 4. С. 62..67.
- Белоголовцев С. Д. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1996, № 6. С. 32..37.

Рекомендована кафедрой высшей математики. Поступила 01.10.96.