

УДК 677.021.174 : 519.2

О КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ВОЛОКНООБМЕНА ДЛЯ ЧЕСАЛЬНОЙ МАШИНЫ ТИПА ЧМД

С. Д. БЕЛОГОЛОВЦЕВ, А. А. ВИНОГРАДОВ, В. М. ЗАРУБИН, Т. В. ШМЕЛЕВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Одной из важнейших количественных характеристик волокнистого потока в процессе чесания является среднее время прохождения волокна от зоны питания до зоны съема. Если оно найдено как функция основных кинематических и технологических параметров процесса волокнообмена, то его можно использовать в качестве показателя выравнивающей способности чесальной машины.

Рассмотрим количественные характеристики волокнистых потоков, возникающих при работе чесальной машины ЧМД-4 с устройством регенерации шляпочного очеса (УРШО) при различных способах организации возврата регенерированного волокна (рис. 1 обозначения аналогичны [1, 2, 3]): *B* — бункер; $\eta_{пр}$ — доля угаров, выпадающих на приемном барабане; *I* — рабочая зона шляпочного полотна на 1-м главном барабане; *I* — передающий барабан; $k_{с1}$ — коэффициент съема передающего барабана; $\eta_{г1}$ — доля угаров, выпадающих под 1-м главным барабаном; $k_{оч1}$ — доля волокна, попадающего в очищающее устройство 1-го шляпочного полотна; $\eta_{оч1}$ — доля угаров, выпадающих из потока первого очищающего устройства; *II* — рабочая зона шляпочного полотна на 2-м главном барабане; *2* — съемный барабан; $k_{с2}$ — коэффициент съема съемного барабана; $\eta_{г2}$ — доля угаров, выпадающих под 2-м главным барабаном, $k_{оч2}$ — доля волокна, попадающего в очищающее устройство 2-го шляпочного полотна; $\eta_{оч2}$ — доля угаров, выпадающих из потока второго очищающего устройства; *3* — УРШО; η_c — доля угаров, выпадающих на съемном барабане). Верхние индексы 0, 1, 2, 3, 4 служат

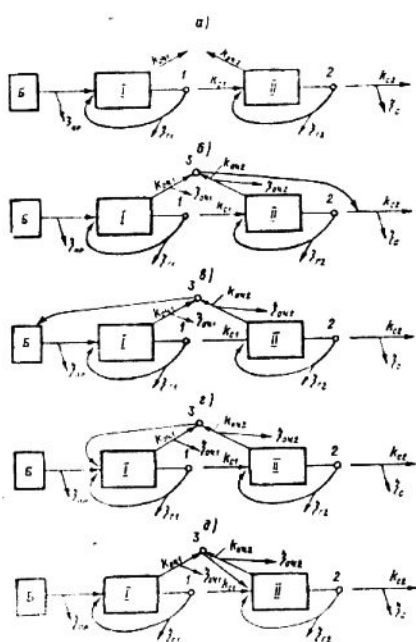


Рис. 1.

шляпками 1-го главного барабана. Далее, волокно совершило 2-й цикл, если оно из положения перед шляпками 2-го главного барабана поступило в рабочую зону главного барабана — шляпки и затем повторно попало в положение перед шляпками на 2-м главном барабане.

В случае базовой процедуры вероятность того, что волокно, прибывшее к началу шляпочного полотна на 1-м главном барабане, совершит 1-й цикл: $a_1^{(0)} = \bar{k}_{оц1} \bar{k}_{с1} \bar{\eta}_{г1}$ (не попадет в очищающее устройство, не попадет на передающий барабан и не выпадет в угары под 1-м главным барабаном); вероятность того, что волокно, начав 1-й цикл, попадет к началу второй рабочей зоны: $b_1^{(0)} = \bar{k}_{оц1} k_{с1}$ (не попадет в очищающее устройство и попадет на передающий барабан). Аналогично для 2-го цикла: $a_2^{(0)} = \bar{k}_{оц2} \bar{k}_{с2} \bar{\eta}_{г2}$, $b_2^{(0)} = \bar{k}_{оц2} k_{с2}$ (здесь всюду $\bar{k} = 1 - k$). $T_1^{(0)}$ — среднее время пребывания волокна на 1-м шляпочном полотне при прохождении одного 1-го цикла, $T_2^{(0)}$ — среднее время пребывания волокна на 2-м шляпочном полотне при прохождении одного 2-го цикла. Они определяются, как показано в [3], отношением загрузки шляпочного полотна к количеству волокон, поступающих за единицу времени в рабочую зону шляпочного полотна. Среднее число проходов волокном i -го цикла ($i = 1, 2$):

$$\sum_{j=1}^{\infty} j (a_i^{(0)})^j (1 - a_i^{(0)}) = 1 / (1 - a_i^{(0)}). \quad (i = 1, 2).$$

Вероятность того, что волокно, вышедшее из бункера, приступит к 1-му циклу, равна $\bar{\eta}_{пр}$, поэтому общее среднее время, проведенное волокном, вышедшим из бункера, на 1-м шляпочном полотне:

$$T_{об1}^{(0)} = T_1^{(0)} \bar{\eta}_{пр} / (1 - a_1^{(0)}). \quad (1)$$

для обозначения базовой процедуры (работа ЧМД-4 без УРШО, волокно из очищающего устройства шляпок изымается из процесса, рис. 1-а) первого способа возврата регенерированного волокна на съем (рис. 1-б), второго способа — в бункер (рис. 1-в), третьего — на 1-й главный барабан перед рабочей зоной главный барабан — шляпки (рис. 1-г), четвертого — на 2-й главный барабан перед рабочей зоной (рис. 1-д).

Предположим, что во всех случаях используются одни и те же скоростные режимы, причем процессы имеют установившийся характер; коэффициенты съема, доли выпадения в угары, отмеченные на схемах, также примем постоянными во всех случаях.

Считаем, что волокно совершило 1-й цикл, если оно из положения перед шляпками на 1-м главном барабане вошло в рабочую зону главный барабан — шляпки и затем повторно попало в положение перед

$p^{(0)}$ — вероятность того, что волокно, находящееся в начале первой рабочей зоны, попадет когда-то к началу второй рабочей зоны, выразим следующим образом: j раз совершается 1-й цикл и затем происходит попадание на передающий барабан, то есть событие с вероятностью

$$(a_1^{(0)})^j b_1^{(0)}. \text{ Тогда } p^{(0)} = \sum_{j=0}^{\infty} (a_1^{(0)})^j b_1^{(0)} \text{ (суммирование по всем } j) = b_1^{(0)} / (1 - a_1^{(0)}).$$

Общее среднее время, проведенное волокном, вышедшим из бункера, на втором шляпочном полотне

$$T_{об2}^{(0)} = T_2^{(0)} \bar{\eta}_{пр} p^{(0)} / (1 - a_2^{(0)}). \tag{2}$$

Общее среднее время, проведенное волокном, вышедшим из бункера, на шляпочных полотнах

$$T_{об}^{(0)} = T_{об1}^{(0)} + T_{об2}^{(0)}. \tag{3}$$

Количество волокон, еще не побывавших в машине, выходящих из бункера за единицу времени, обозначим s ; количество волокон, входящих за единицу времени в первую рабочую зону главный барабан — шляпки, q_1 , во вторую зону q_2 .

В базовой процедуре имеем:

$$s^{(0)} \bar{\eta}_{пр} + q_1^{(0)} \bar{k}_{оч1} \bar{k}_{с1} \bar{\eta}_{г1} = q_1^{(0)} \tag{4}$$

(вход в первую рабочую зону складывается из потока, пришедшего из бункера (с вычетом потерь в угары), и потока, пришедшего по главному барабану, минуя очищающее устройство, передающий барабан и выпадение в угары под 1-м главным барабаном).

r_1 — количество волокон, попадающих за единицу времени на передающий барабан; r_2 — количество волокон, попадающих за единицу времени на выход из машины. Тогда в базовой процедуре:

$$r_1^{(0)} = q_1^{(0)} \bar{k}_{оч1} k_{с1}, \tag{5}$$

$$r_1^{(0)} + q_2^{(0)} \bar{k}_{оч2} \bar{k}_{с2} \bar{\eta}_{г2} = q_2^{(0)}, \tag{6}$$

$$r_2^{(0)} = q_2^{(0)} \bar{k}_{оч2} k_{с2} \bar{\eta}_{с}. \tag{7}$$

d — количество волокон, выпадающих в угары за единицу времени:

$$d^{(0)} = s^{(0)} \eta_{пр} + q_1^{(0)} k_{оч1} + q_1^{(0)} \bar{k}_{оч1} \bar{k}_{с1} \eta_{г1} + q_2^{(0)} k_{оч2} + q_2^{(0)} \bar{k}_{оч2} \bar{k}_{с2} \eta_{г2} + q_2^{(0)} \bar{k}_{оч2} k_{с2} \eta_{с} \tag{8}$$

(угары на приемном барабане, очищающем устройстве и на 1-м главном барабане, очищающем устройстве и 2-м главном барабане, на съёмном барабане).

В случае возврата регенерированного волокна на съёмный барабан изменяются только величины r_2 и d :

$$r_2^{(1)} = r_2^{(0)} + (q_1^{(0)} k_{оч1} \bar{\eta}_{оч1} + q_2^{(0)} k_{оч2} \bar{\eta}_{оч2}) \bar{\eta}_{с}, \tag{9}$$

$$d^{(1)} = d^{(0)} - (q_1^{(0)} k_{оч1} \bar{\eta}_{оч1} + q_2^{(0)} k_{оч2} \bar{\eta}_{оч2}) \bar{\eta}_{с} \tag{10}$$

(в обоих случаях отличие от базовых на количество волокон, восстановленных в УРШО и не выпавших в угары на съеме).

Во втором случае возврата в бункер сохраняются базовые значения q_1 и q_2 ($q_1^{(2)} = q_1^{(0)}$, $q_2^{(2)} = q_2^{(0)}$), однако a_1 , a_2 изменяются, так как появляется дополнительная возможность попадания волокон к началу цикла за счет возврата в бункер из УРШО. Найдем вероятность c того, что волокно, попавшее в рабочую зону 2-го шляпочного полотна, когда-нибудь попадет во второе очищающее устройство:

$$c^{(2)} = \sum_{j=0}^{\infty} (\bar{k}_{0ч2} \bar{k}_{с2} \bar{\eta}_{г2})^j k_{0ч2} = k_{0ч2} / (1 - \bar{k}_{0ч2} \bar{k}_{с2} \bar{\eta}_{г2}) \quad (11)$$

(j раз пройдет по главному барабану и далее попадет в очищающее устройство. Суммируем по j). Затем

$$a_1^{(2)} = \bar{k}_{0ч1} \bar{k}_{с1} \bar{\eta}_{г1} + k_{0ч1} \bar{\eta}_{оч1} \bar{\eta}_{пр} + \bar{k}_{0ч1} k_{с1} c^{(2)} \bar{\eta}_{оч2} \bar{\eta}_{пр}$$

(совершить 1-й цикл — пройти мимо первого очищающего устройства, мимо передающего барабана, не выпасть в угары под главным барабаном, или попасть в первое очищающее устройство, не выпасть в угары и через бункер опять на приемном барабане не выпасть в угары, или, минуя первое очищающее устройство, попасть на передающий барабан, попасть во второе очищающее устройство, не выпасть в угары и через бункер не выпасть в угары на приемном барабане).

$$\begin{aligned} T_1^{(2)} &= T_1^{(0)}, T_2^{(2)} = T_2^{(0)}, \\ T^{(2)}_{об1} &= T_1^{(2)} \bar{\eta}_{пр} / (1 - a_1^{(2)}), \end{aligned} \quad (12)$$

$$p^{(2)} = \sum_{j=0}^{\infty} ((a_1^{(2)})^j \bar{k}_{0ч1} k_{с1}) = \bar{k}_{0ч1} k_{с1} / (1 - a_1^{(2)}).$$

(Перейти от начала первой рабочей зоны к началу второй — совершить j 1-х циклов и, минуя очищающее устройство, перейти на передающий барабан ($j=0, 1, \dots, \infty$))

$$a_2^{(2)} = \bar{k}_{0ч2} \bar{k}_{с2} \bar{\eta}_{г2} + k_{0ч2} \bar{\eta}_{оч2} \bar{\eta}_{пр} p^{(2)}.$$

(Совершить второй цикл можно по 2-му главному барабану или через УРШО, бункер, приемный барабан).

$$T^{(2)}_{об2} = T_2^{(2)} \bar{\eta}_{пр} p^{(2)} / (1 - a_2^{(2)}). \quad (13)$$

Из УРШО в бункер за единицу времени поступает $(q_1^{(2)} k_{0ч1} \bar{\eta}_{оч1} + q_2^{(2)} k_{0ч2} \bar{\eta}_{оч2})$ волокон, тогда из бункера за единицу времени поступает $s^{(2)}$ новых волокон, не побывавших еще в машине, а всего $s^{(2)} + (q_1^{(2)} k_{0ч1} \bar{\eta}_{оч1} + q_2^{(2)} k_{0ч2} \bar{\eta}_{оч2})$ волокон, причем $s^{(2)} + (q_1^{(2)} k_{0ч1} \bar{\eta}_{оч1} + q_2^{(2)} k_{0ч2} \bar{\eta}_{оч2}) = s^{(0)}$, так как приемный режим не изменился. $r_2^{(2)} = r_2^{(0)}$ и, следовательно, по сравнению с базовым, уменьшается расход новых волокон $s^{(2)}$ при сохранении выхода r_2 , причем потери в угары уменьшаются на то же количество:

$$d^{(2)} = d^{(0)} - (q_1^{(2)} k_{0ч1} \bar{\eta}_{оч1} + q_2^{(2)} k_{0ч2} \bar{\eta}_{оч2}).$$

В третьем случае $s^{(3)} = s^{(0)}$, так как приемный режим прежний и в

бушкере только новые волокна, q_1 изменяется, поскольку перед первой рабочей зоной добавляется поток из УРШО. $c^{(3)} = c^{(2)}$,

$$a_1^{(3)} = \bar{k}_{оч1} \bar{k}_{с1} \bar{\eta}_{г1} + k_{оч1} \bar{\eta}_{оч1} + \bar{k}_{оч1} k_{с1} c^{(3)} \bar{\eta}_{оч2},$$

$$T^{(3)}_{об1} = T_1^{(3)} \bar{\eta}_{пр} / (1 - a_1^{(3)}), \quad (14)$$

$$p^{(3)} = \bar{k}_{оч1} \bar{k}_{с1} / (1 - a_1^{(3)}), \quad a_2^{(3)} = \bar{k}_{оч2} \bar{k}_{с2} \bar{\eta}_{г2} + k_{оч2} \bar{\eta}_{оч2} p^{(3)},$$

$$T^{(3)}_{об2} = T_2^{(3)} \bar{\eta}_{пр} p^{(3)} / (1 - a_2^{(3)}). \quad (15)$$

Количества $s^{(3)}$, $q_1^{(3)}$, $q_2^{(3)}$, $r_2^{(3)}$ связаны соотношениями:

$$s^{(3)} \bar{\eta}_{пр} + q_1^{(3)} \bar{k}_{оч1} \bar{k}_{с1} \bar{\eta}_{г1} + q_1^{(3)} k_{оч1} \bar{\eta}_{оч1} +$$

$$+ q_2^{(3)} k_{оч2} \bar{\eta}_{оч2} = q_1^{(3)}, \quad (16)$$

$$q_2^{(3)} = q_1^{(3)} \bar{k}_{оч1} k_{с1} + q_2^{(3)} \bar{k}_{оч2} \bar{k}_{с2} \bar{\eta}_{г2}, \quad (17)$$

$$r_2^{(3)} = q_2^{(3)} \bar{k}_{оч2} \bar{k}_{с2} \bar{\eta}_{с}. \quad (18)$$

В четвертом случае, когда регенерированное волокно возвращается перед второй рабочей зоной, совпадают с базовыми величины s , q_1 , a_1 , $T_{об1}$.

$$b_1^{(4)} = \bar{k}_{оч1} k_{с1} + k_{оч1} \bar{\eta}_{оч1}, \quad p^{(4)} = b_1^{(4)} / (1 - a_1^{(4)}),$$

$$a_2^{(4)} = \bar{k}_{оч2} \bar{k}_{с2} \bar{\eta}_{г2} + k_{оч2} \bar{\eta}_{оч2},$$

$$T^{(4)}_{об2} = T_2^{(4)} \bar{\eta}_{пр} p^{(4)} / (1 - a_2^{(4)}). \quad (19)$$

Количества $q_2^{(4)}$, $r_2^{(4)}$ связаны формулами

$$q_2^{(4)} = q_1^{(4)} \bar{k}_{оч1} k_{с1} + q_2^{(4)} \bar{k}_{оч2} \bar{k}_{с2} \bar{\eta}_{г2} +$$

$$+ q_1^{(4)} k_{оч1} \bar{\eta}_{оч1} + q_2^{(4)} k_{оч2} \bar{\eta}_{оч2},$$

$$r_2^{(4)} = q_2^{(4)} \bar{k}_{оч2} k_{с2} \bar{\eta}_{с}.$$

В последних трех случаях справедлива формула потерь

$$d^{(i)} = s^{(0)} \bar{\eta}_{пр} + q_1^{(i)} k_{оч1} \bar{k}_{с1} \bar{\eta}_{г1} + q_1^{(i)} k_{оч1} \bar{\eta}_{оч1} +$$

$$+ q_2^{(i)} \bar{k}_{оч2} \bar{k}_{с2} \bar{\eta}_{г2} + q_2^{(i)} k_{оч2} \bar{\eta}_{оч2} +$$

$$+ q_2^{(i)} \bar{k}_{оч2} k_{с2} \bar{\eta}_{с} \quad (i = 2, 3, 4). \quad (20)$$

Сопоставляя выражения для $a_1^{(0)}$, $a_1^{(1)}$, $a_1^{(2)}$, $a_1^{(3)}$, $a_1^{(4)}$, можно написать общую формулу.

Введем новую величину

$$\alpha^{(i)} = \begin{cases} \bar{\eta}_{пр}, & \text{если } i = 2; \\ 1, & \text{если } i = 3; \\ 0, & \text{если } i = 0, 1, 4. \end{cases} \quad (21)$$

$$a_1^{(i)} = \bar{k}_{оч} \bar{k}_{с1} \bar{\eta}_{г1} + (k_{оч1} \bar{\eta}_{оч1} + \bar{k}_{оч1} \bar{k}_{с1} c^{(2)} \bar{\eta}_{оч2}) \alpha^{(i)}. \quad (22)$$

Объединив формулы (1), (12), (14), получаем

$$T^{(i)}_{об1} = T_1^{(i)} \overline{\eta_{np}} / (1 - a_1^{(i)}), \quad (23)$$

а объединив (2), (13), (15), получаем

$$T^{(i)}_{об2} = T_2^{(i)} \overline{\eta_{np}} p^{(i)} / (1 - a_2^{(i)}), \quad (24)$$

где

$$p^{(i)} = \overline{k_{оч1}} k_{c1} / (1 - a_1^{(i)}); \quad (25)$$

$$a_2^{(i)} = \overline{k_{оч2}} \overline{k_{c2}} \overline{\eta_{r2}} + k_{оч2} \overline{\eta_{оч2}} p^{(i)} a^{(i)}; \quad (26)$$

$$T^{(i)}_{об} = T^{(i)}_{об1} + T^{(i)}_{об2}. \quad (27)$$

Примем количество волокна, выходящего из УРШО за единицу времени $g^{(i)}$:

$$g^{(i)} = q_1^{(i)} k_{оч1} \overline{\eta_{оч1}} + q_2^{(i)} k_{оч2} \overline{\eta_{оч2}}. \quad (28)$$

$$\text{Тогда } s^{(1)} = s^{(3)} = s^{(4)} = s^{(0)}, \quad s^{(2)} = s^{(0)} - g^{(2)}. \quad (29)$$

Обозначим

$$\beta^{(i)} = \begin{cases} 1, & \text{если } i=3; \\ 0, & \text{если } i \neq 3; \end{cases} \quad \gamma^{(i)} = \begin{cases} 1, & \text{если } i=4; \\ 0, & \text{если } i \neq 4; \end{cases} \quad \delta^{(i)} = \begin{cases} 1, & \text{если } i=1; \\ 0, & \text{если } i \neq 1. \end{cases} \quad (30)$$

Тогда формулы, аналогичные формулам (4...7), связывают между собой величины: s , q_1 , q_2 , r_2 :

$$s^{(0)} \overline{\eta_{np}} + q_1^{(i)} \overline{k_{оч1}} \overline{k_{c1}} \overline{\eta_{r1}} + g^{(i)} \beta^{(i)} = q_1^{(i)}, \quad (31)$$

$$q_1^{(i)} \overline{k_{оч1}} k_{c1} + q_2^{(i)} \overline{k_{оч2}} \overline{k_{c2}} \overline{\eta_{r2}} + \gamma^{(i)} g^{(i)} = q_2^{(i)}, \quad (32)$$

$$r_2^{(i)} = q_2^{(i)} \overline{k_{оч2}} k_{c2} \overline{\eta_c} + \delta^{(i)} g^{(i)} \overline{\eta_c}. \quad (33)$$

Оценки количества угаров выражены формулами (8) и (20), а также равенствами:

$$d^{(1)} = d^{(0)} - g^{(1)} \overline{\eta_c};$$

$$d^{(2)} = d^{(0)} - g^{(2)}.$$

ВЫВОДЫ

1. Получены унифицированные формулы (21)...(33), выражающие количественные характеристики волокнистых потоков ЧМД при различных способах организации возврата регенерированного волокна ($i=0, 1, 2, 3, 4$).

2. В случае возврата регенерированного волокна в бункер ($i=2$) вход нового волокна уменьшается по сравнению с базовой процедурой ($i=0$), то есть $s^{(2)} < s^{(0)}$ при сохранении базового выхода ($r_2^{(2)} = r_2^{(0)}$); в случаях $i=3$, $i=4$, $i=1$ вход нового волокна совпадает с базовым, однако выход в названном порядке возрастает, то есть $r_2^{(0)} < r_2^{(3)} < r_2^{(4)} < r_2^{(1)}$, причем количественно эти показатели выражены в названных формулах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоголовцев С. Д. и др.//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1996, № 6. С. 32..37.
2. Белоголовцев С. Д. и др.//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1997, № 1. С. 27..31.
3. Белоголовцев С. Д. и др.//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1997, № 2. С. 30..34.

Рекомендована кафедрой высшей математики. Поступила 02.04.97.