

УДК 677.023.76

**АНАЛИЗ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ МЯГКИХ ОТХОДОВ ПРЯЖИ
НА СТОЙКЕ ШЛИХТОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ**

А.Ю. КУТЬИН, Ю.К. КУТЬИН, В.Л. МАХОВЕР

(Ивановская государственная текстильная академия)

Существует распространенное мнение о том, что для ликвидации мягких отходов пряжи при доработке шлихтовальной партии достаточно обеспечить точно отмеренную длину нитей на сновальных паковках и одинаковую вытяжку при сматывании. В результате – тратятся огромные усилия и средства на разработку регуляторов вытяжки и высокоточных измерителей длины при формировании сновальных паковок. В то же время многие разработчики шлихтовального оборудования пришли к выводу, что выравнивать необходимо натяжение нитей, поскольку они находятся в разном напряженном состоянии. Например, фирма Benninger оснащает сновальные машины высокоточным измерителем длины и одновременно предлагает для реализации сновальную стойку, на которой выравнивается натяжение сматываемых нитей. Однако, как только начинает выравниваться натяжение нитей, сразу изменяется их длина.

Для выявления причин образования мягких отходов пряжи на стойке шлихтовальной машины воспользуемся полученной нами ранее [1], [2] расширяющейся математической моделью намотки пряжи партионной сновальной паковки. На базе этой модели построен алгоритм управления работой пяти модернизированных сновальных машин на фабрике ОАО "Шаговец" (г. Вичуга Ивановской обл.). Модель снижает эффект сжатия материала в теле намотки и состоит из четырех уравнений:

$$a = a_n + \chi\theta, \quad (1)$$

$$\rho = a_n\theta + \frac{\chi\theta^2}{2} + \rho_0, \quad (2)$$

$$L = \frac{a_n\theta^2}{2} + \frac{\chi\theta^3}{6} + \rho_0\theta, \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{bL}{\rho^2 - \rho_0^2}, \quad (4)$$

где a – скорость перемещения точки наматывания по радиусу-вектору в полярных координатах, м/рад; a_n – начальная скорость перемещения; $\theta = 2\pi n$ – текущий угол поворота сновального вала, рад; n – текущее количество оборотов вала; $b = MT/\pi H$ кг/(м²·рад); ρ_0 – радиус ствола сновального вала, м; M – число нитей в заправке; T – линейная плотность пряжи, кг/м; H – рассадка фланцев, м; ρ – текущий радиус намотки, м; L – длина нитей, м; γ_n – начальная плотность намотки, кг/м³; $\chi = d^2\rho/d\theta^2$, м/рад².

Величина χ определяется по формуле [1]:

$$\chi = \frac{b(1/\gamma_\phi - 1/\gamma_n)}{4\pi n_\phi}, \quad (5)$$

где n_ϕ , γ_ϕ – конечное количество оборотов сновального вала и конечная плотность намотки (кг/м³), соответствующая фиксированному радиусу ρ_ϕ намотки.

Количество оборотов n_ϕ определяется из соотношений [1]:

$$\begin{aligned} \rho_{\phi} &= a_{\text{ср}} \theta_{\phi} + \rho_0; \\ a_{\text{ср}} &= \frac{b}{2\gamma_{\text{ср}}}; \\ n_{\phi} &= \frac{\gamma_{\text{ср}}(\rho_{\phi} - \rho_0)}{b\pi}, \end{aligned} \quad (6)$$

где ρ_{ϕ} соответствует максимальной длине; $\theta_{\phi} = 2\pi n_{\phi}$; $\gamma_{\text{ср}}$ – средняя плотность намотки.

Величина γ_{ϕ} определяется из соотношений [2]:

$$\begin{aligned} a_{\text{ср}} &= \frac{a_{\text{н}} + a_{\phi}}{2}; \\ a_{\text{н}} &= \frac{b}{2\gamma_{\text{н}}}; \\ a_{\phi} &= \frac{b}{2\gamma_{\phi}}; \\ \gamma_{\phi} &= \frac{\gamma_{\text{ср}} \gamma_{\text{н}}}{2\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{ср}}}. \end{aligned} \quad (7)$$

В соответствии с математической моделью (1)...(4) сформируем три сновальные паковки. Первая паковка формируется со следующими исходными данными: $T_1 = 29,4 \cdot 10^{-6}$ кг/м; $M = 465$; $L = 10500$ м; $\gamma_{\text{ср}1} = 470$ кг/м³; $\rho_{\phi} = 0,355$ м; $b_1 = = 3,1083 \cdot 10^{-3}$ кг/(м²·рад); $\rho_0 = 0,12$ м; $\gamma_{\text{н}1} = = 484,54$ кг/м³; $H = 1,4$ м; $n_{\phi 1} = 11311$; $\chi_1 = 2,7931643 \cdot 10^{-12}$ м/рад². При конечном количестве оборотов $n_{\text{к}1} = 8198$ длина намотки, вычисленная по формуле (3), будет равна 10499,8 м.

Формирование намотки с приведенными исходными данными осуществлялось на модернизированной сновальной машине, основным управляющим элементом которой является контроллер ADAM-5510. Он принимает сигналы с датчиков и реализует адаптивный алгоритм управления [3].

В процессе намотки пряжи на сновальной машине все время контролируется фактический радиус и число оборотов паковки. Одновременно по текущему количеству оборотов и формуле (2) определяется теоретический радиус намотки, который контроллер сравнивает с фактиче-

ским. Если фактический радиус равен теоретическому, то величина приращения радиуса соответствует номинальному приращению $\Delta r_{\text{н}}$. Если же фактический радиус отклоняется от теоретического, то в зависимости от конкретной ситуации величина номинального приращения радиуса за счет принудительного отвода уплотняющего органа либо увеличивается, либо уменьшается, то есть изменяется усилие прижима, действующее на намотку.

В результате этого фактический радиус все время поддерживается равным теоретическому. Как только контроллер насчитает 8198 оборотов вала, машина останавливается и на цифровом табло высвечивается длина намотки, конечный радиус $\rho_{\text{к}1} = 0,2889$ м и средняя плотность намотки $\gamma'_{\text{ср}1} = 472,48$ кг/м³, вычисленная по формуле (4). Длину пряжи в этом случае измерять не требуется.

Вторую паковку наматываем со следующими исходными данными: $T_2 = = 28,06 \cdot 10^{-6}$ кг/м; $M = 465$; $L = 10500$ м; $\gamma_{\text{ср}2} = 464$ кг/м³; $\rho_{\phi} = 0,355$ м; $b_2 = = 2,9666 \cdot 10^{-3}$ кг/(м²·рад); $\rho_0 = 0,12$ м; $\gamma_{\text{н}2} = 485$ кг/м³; $H = 1,4$ м; $n_{\phi 2} = 11700$; $\chi_2 = 3,7660766 \cdot 10^{-12}$ м/рад². При конечном количестве оборотов $n_{\text{к}2} = 8297$ длина намотки, вычисленная по формуле (3), будет равна 10500,6 м.

Процесс формирования намотки осуществляется аналогично первой паковке. По завершению намотки контроллер выдает на цифровое табло длину намотанной пряжи, конечный радиус $\rho_{\text{к}2} = 0,2846$ м и среднюю плотность намотки $\gamma'_{\text{ср}2} = 467,9$ кг/м³, вычисленную по формуле (4).

Третью паковку наматываем при $T_3 = = T_2 = 28,06 \cdot 10^{-6}$ кг/м; $M = 465$; $L = 10500$ м; $\gamma_{\text{ср}3} = 462$ кг/м³; $\rho_{\phi} = 0,355$ м; $b_2 = 2,9666 \cdot 10^{-3}$ кг/(м²·рад); $\rho_0 = 0,12$ м; $\gamma_{\text{н}2} = 490$ кг/м³; $H = 1,4$ м; $n_{\phi 3} = 11649$; $\chi_3 = 5,015873 \cdot 10^{-12}$ м/рад². При конечном количестве оборотов $n_{\text{к}3} = 8304$ длина намотки, вычисленная по формуле (3), будет равна 10500,2 м. По завершении намотки контроллер, как и в предыдущих случаях, выдает на табло длину намотанной пряжи, конечный радиус $\rho_{\text{к}3} = 0,2848$ м и среднюю

плотность намотки $\gamma'_{\text{спз}} = 466,9 \text{ кг/м}^3$, вычисленную по формуле (4).

Сформированные паковки имеют одинаковую длину намотанной пряжи. Однако у них разная напряженная структура. Определим, каким образом данные различия скажутся при независимой размотке сновальных паковок на стойке шлихтовальной машины с одинаковой вытяжкой.

Поскольку модель намотки расширяющаяся [2], плотность намотки от начального значения до среднего меняется незначительно (для первой паковки это изменение не превышает 2,5 %, для второй 3,5 %, а для третьей 4,7 %). В соответствии с [4] математическую модель размотки сновальных паковок можно описать статической спиралью:

$$\rho_p = \rho_k - \rho(\varphi) + \rho_0, \quad (8)$$

где ρ_p , φ – текущий радиус намотки и угол поворота паковки при ее разматывании ($0 \leq \varphi \leq \theta_k$); θ_k – конечный угол поворота паковки при наматывании.

Подставив в (8) выражение (2) при $\theta = \varphi$, получим:

$$\rho_p = \rho_k - a_n \varphi - \frac{\chi}{2} \varphi^2, \quad (9)$$

где согласно (7):

$$a_n = b/(2\gamma_n). \quad (10)$$

Текущая длина нитей при разматывании паковки:

$$L_p = \int_0^{\varphi} \rho_p(\varphi) d\varphi = \varphi \left(\rho_k - \frac{a_n}{2} \varphi - \frac{\chi}{6} \varphi^2 \right). \quad (11)$$

Рассчитанные по этой формуле при $\varphi = \theta_k = 2\pi l_k$ полные длины размотанной пряжи без учета вытяжки для указанных трех сновальных паковок будут: $L_{p1} = 10562,4 \text{ м}$; $L_{p2} = 10591,9 \text{ м}$; $L_{p3} = 10620,5 \text{ м}$.

Для определения времени разматывания сновальных паковок на стойке шлих-

товальной машины можно воспользоваться формулой:

$$\omega = d\varphi/dt. \quad (12)$$

Откуда:

$$\int_{t_0}^{t_k} dt = \int_0^{\theta_k} \frac{d\varphi}{\omega(\varphi)}. \quad (13)$$

Поскольку все паковки начинают разматываться одновременно с момента времени $t_0 = 0$, а угловая скорость $\omega = v_p/\rho(\varphi)$, то из (13) имеем:

$$t_k = \int_0^{\theta_k} \frac{\rho(\varphi) d\varphi}{v_p}, \quad (14)$$

где v_p – линейная скорость разматывания сновальных валов для формирования ткацкого навоя на шлихтовальной машине, м/с.

С учетом выражения (9) и второй из формул (7), из (14) время разматывания сновального вала будет:

$$t_k = \frac{\theta_k}{v_p} \left(\rho_k - \frac{b}{4\gamma_n} \theta_k - \frac{\chi \theta_k^2}{6} \right). \quad (15)$$

Согласно (11) выражение в числителе является конечной длиной размотки. Поэтому формула (15) примет окончательный вид:

$$t_k = \frac{L_p^{(k)}}{v_p}. \quad (16)$$

При формировании ткацких навоев с линейной скоростью v_n и вытяжкой $\eta(\%)$ имеем:

$$v_p = v_n(1 - 0,01\eta). \quad (17)$$

Время разматывания сновальных паковок без учета простоев шлихтовальной машины при $v_n = 60 \text{ м/мин}$ (1 м/с) и $\eta = 1,5\%$, рассчитанное по формулам (17) и (16), соответственно составит: $t_1 = 10723,25$; $t_2 = 10753,2$ и $t_3 = 10781,7 \text{ с}$.

Таким образом, способ формирования намотки только по точно отмеренной длине намотанной пряжи в сновании и не учитывающий напряженную структуру создаваемых паковок, не может обеспечить одинаковую длину сформированных паковок и одновременное сматывание их на стойке шлихтовальной машины.

Поскольку для трех сновальных паковок, входящих в шлихтовальную партию, процесс разматывания завершается при сходе с первой паковки (так как $t_1 < t_2 < t_3$), то в соответствии с (16) при $t_1 = t_2 = t_3$ со всех трех паковок разматывается длина, равная $L_{p1} = 10562,4$ м.

$$(\Delta_2 + \Delta_3)MT_2 = (29,94 + 58,97) \cdot 465 \cdot 28,06 \cdot 10^{-6} = 1,16 \text{ кг}.$$

Для выяснения причин образования мягких отходов пряжи на стойке шлихтовальной машины нами использовался только один закон наматывания пряжи (1), параметры которого специально изменялись. Неизменной оставалась только длина пряжи.

При традиционном способе снования неизменной остается длина намотанной пряжи, а остальные параметры меняются случайным образом в том числе и закон наматывания. Поэтому величина отходов при завершении партии также изменяется случайным образом.

Недостатком существующего способа снования является отсутствие корректировки линейной плотности пряжи в процессе ее наматывания. В результате на ткацком навое могут находиться нити с разной напряженной структурой и линейной плотностью.

ВЫВОДЫ

1. Точное отмеривание длины нитей в сновании и разматывание сновальных паковок на стойке шлихтовальной машины с одинаковой вытяжкой не обеспечивает их одновременное разматывание и ликвида-

ция пряжи, остающаяся на втором и третьем сновальных валах, с учетом вытяжки будет:

$$\Delta_2 = (L_{p2}^k - L_{p1})(1 + 0,01\eta) = 29,94 \text{ м},$$

$$\Delta_3 = (L_{p3}^k - L_p)(1 + 0,01\eta) = 58,97 \text{ м}.$$

Суммарная масса мягких отходов пряжи при доработке шлихтовальной партии на этих валах составит

цию отходов мягкой пряжи при завершении шлихтовальной партии, так как сновальные валы имеют разную напряженную структуру намотки.

2. Для получения идентичных по напряженной структуре намотки сновальных валов и одновременного сматывания их на шлихтовальной машине необходимо использовать принципиально иной способ [3] формирования паковок, осуществляющий коррекцию условий наматывания по математической модели типа (1)...(4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутьин А.Ю., Кутьин Ю.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №2. С.113... 117.
2. Кутьин А.Ю., Кутьин Ю.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №1. С.49... 53.
3. Патент на изобретение №2178023. Способ формирования ткацких навоев / Кутьин Ю.К., Кутьин А.Ю., Маховер В.Л., Коробов Н.А. – 2000.
4. Кутьин А.Ю., Маховер В.Л. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №3. С.40...43.

Рекомендована кафедрой прикладной математики и информационных технологий. Поступила 07.10.05.