

УДК 677.023.76:517.2

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ
ДЕФОРМИРОВАНИЯ НИТЕЙ ПРИ НАМАТЫВАНИИ
НА ТКАЦКИЙ НАВОЙ**

И.С. БОБЫЛЬКОВА, В.Л. МАХОВЕР

(Ивановская государственная текстильная академия)

В выпускной зоне шлихтовальной машины нити основы 1 (рис. 1) огибают мерильный вал 2, обрезают выпускной вал 3, ролик-датчик 4, рассеивающий (регулируемый) вал 5 и наматываются на ткацкий навой 6.

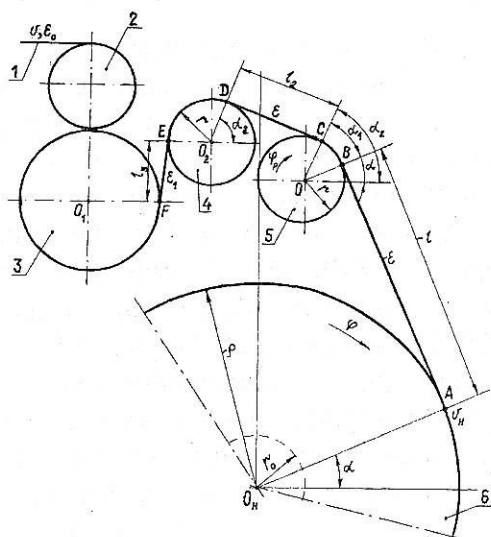


Рис. 1

При неизменной скорости v шлихтования в данной зоне могут возникать нестационарные режимы процесса наматывания, являющиеся следствием изменения во времени t предварительной относительной деформации ϵ_0 (%). Такое возможно, например, вследствие биения сновальных валов на стойке шлихтовальной машины, эксцентricности сушильных барабанов, нестабильности процесса разделения нитей в ценовом поле и других причин. В результате натяжение основы по длине намотки

на ткацком навое будет неравномерным, что отрицательно сказывается в процессе ткачества.

Используя дифференциальные уравнения [1], рассмотрим моделирование нестационарного режима деформирования нитей в процессе наматывания при периодическом (синусоидальном) изменении предварительной деформации $\epsilon_0(t)$.

Пусть начиная с некоторого момента времени $t = t_1 \geq 0$, соответствующего углу $\varphi_k = \varphi_{k1} \geq 0$ поворота червячного колеса рассеивающего механизма [2], имеем

$$\epsilon_0(t) = \epsilon_0 + k\epsilon_0 \sin \omega_B(t - t_1), \quad (1)$$

где коэффициент $k < 1$; ω_B – круговая частота возмущающего сигнала; $\epsilon_0 = \text{const}$ – предварительная деформация нитей (%) до внесения возмущения.

Учитывая, что $t = \varphi_k / \omega_k$ и $t_1 = \varphi_{k1} / \omega_k$ (где ω_k – угловая скорость червячного колеса), формулу (1) представим в виде

$$\epsilon_0(\varphi_k) = \epsilon_0 + k\epsilon_0 \sin \delta(\varphi_k - \varphi_{k1}), \quad (2)$$

где

$$\delta = \omega_B / \omega_k. \quad (3)$$

При этом дифференциальное уравнение [(16), 1] для участка FE (рис.1) будет

$$\frac{d\varepsilon_1}{d\varphi_k} + \Phi_1 \varepsilon_1 = \Phi_1 [B_1 + \varepsilon_0 + k\varepsilon_0 \sin \delta(\varphi_k - \varphi_{k1})], \varphi_k \geq \varphi_{k1}. \quad (4)$$

До внесения возмущения (когда режим был стационарным) $\varepsilon_1 = \text{const}$ и из [(16),1] $\varepsilon_1 = B_1 + \varepsilon_0$. Поэтому начальное условие для дифференциального уравнения (4) запишем как

$$\varepsilon_1(\varphi_{k1}) = B_1 + \varepsilon_0. \quad (5)$$

Решением уравнения (4) при начальном условии (5) является функция:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 = B_1 + \varepsilon_0 + \frac{\Phi_1 k \varepsilon_0}{\Phi_1^2 + \delta^2} [\Phi_1 \sin \delta(\varphi_k - \varphi_{k1}) - \delta \cos \delta(\varphi_k - \varphi_{k1})] + \\ + \frac{\Phi_1 k \varepsilon_0 \delta}{\Phi_1^2 + \delta^2} e^{-\Phi_1(\varphi_k - \varphi_{k1})}; \quad \varphi_k \geq \varphi_{k1}. \end{aligned} \quad (6)$$

Сигнал (6) будет поступать на участок ДСВА (рис. 1) с некоторым временем запаздывания τ [1], чему соответствует угол запаздывания $\varphi_\tau = \omega_k \tau$.

Следовательно, на этом участке

$$\varphi_k \geq \varphi_{k2} = \varphi_{k1} + \varphi_\tau \quad (7)$$

и в формуле (6) вместо φ_{k1} следует принять φ_{k2} .

С учетом этого дифференциальное уравнение [(17),1] примет вид

$$\begin{aligned} \frac{d\varepsilon}{d\varphi_k} + \Phi_2 \varepsilon = \Phi_2 (B + \varepsilon_0 + \bar{\varepsilon}_p) + \frac{\Phi_1 \Phi_2 k \varepsilon_0}{\Phi_1^2 + \delta^2} [\Phi_1 \sin \delta(\varphi_k - \varphi_{k2}) - \\ - \delta \cos \delta(\varphi_k - \varphi_{k2})] + \frac{\Phi_1 \Phi_2 k \varepsilon_0 \delta}{\Phi_1^2 + \delta^2} e^{-\Phi_1(\varphi_k - \varphi_{k2})} - \\ - \bar{\varepsilon}_p (\Phi_2 \cos 2\varphi_k - 2 \sin 2\varphi_k); \quad \varphi_k \geq \varphi_{k2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Входящие в (4...6) и (8) обозначения величин и формулы для их определения приведены в [1, 2].

$$\varepsilon(\varphi_{k2}) = B + \varepsilon_0 + \bar{\varepsilon}_p (1 - \cos 2\varphi_{k2}). \quad (9)$$

При включенном рассеивающем механизме начальным условием для уравнения (8) будет [1]:

Решив (8) при условии (9), найдем

$$\begin{aligned} \varepsilon = B + \varepsilon_0 + \bar{\varepsilon}_p (1 - \cos 2\varphi_k) + \frac{\Phi_1 \Phi_2 k \varepsilon_0}{(\Phi_1^2 + \delta^2)(\Phi_2^2 + \delta^2)} [(\Phi_1 \Phi_2 - \\ - \delta^2) \sin(\delta \Delta \varphi_k) - \delta(\Phi_1 + \Phi_2) \cos(\delta \Delta \varphi_k)] + \frac{\Phi_1 \Phi_2 k \varepsilon_0 \delta}{\Phi_1 - \Phi_2} \left(\frac{e^{-\Phi_2 \Delta \varphi_k}}{\Phi_2^2 + \delta^2} - \right. \\ \left. - \frac{e^{-\Phi_1 \Delta \varphi_k}}{\Phi_1^2 + \delta^2} \right), \end{aligned} \quad (10)$$

где

$$\Delta\varphi_K = \varphi_K - \varphi_{K2}, \quad \Delta\varphi_K \geq 0. \quad (11)$$

$$\Phi_1 = 1/(\omega_K \tau_1) = v/(\omega_K \ell_3) = \omega_p r/(\omega_K \ell_3) = i_{\text{ч}} r/\ell_3, \quad (12)$$

$$\Phi_2/\Phi_1 = \tau_1/\tau_2 = \ell_3/L_0, \quad (13)$$

$$\varphi_\tau = \omega_K r(\pi - \alpha_2)/v = \omega_K r(\pi - \alpha_2)/(r\omega_p) = (\pi - \alpha_2)/i_{\text{ч}}, \quad (14)$$

где τ_1, τ_2 – постоянные времени переходных процессов соответственно на участке FE и DCBA (рис.1); L_0 – длина участка DCBA:

$$L_0 = \ell_2 + \alpha_1 + \ell; \quad (15)$$

$i_{\text{ч}} = 4$ – передаточное отношение червячно-редуктора рассеивающего механизма [2]; на рис.1 показаны величины $\ell_2, \ell_3, \ell, r, \alpha_1$ и другие геометрические параметры заправки нитей. Входящие в (15) угол α_1 и длина ℓ нитей рассчитываются в зависимости от текущего радиуса ρ намотки навоя по формулам из [3].

Полагаем, что изменение предварительной деформации $\varepsilon_0(\varphi_K)$ по закону (2) осуществляется вследствие биения (эксцентрисности) одного из направляющих валов шлихтовальной машины, расположенных перед рассматриваемой зоной намотки.

Тогда из (3) и (12):

$$\frac{\delta}{\Phi_1} = \frac{\omega_B \ell_3}{\omega_K i_{\text{ч}} r} = \frac{\omega_B \ell_3}{\omega_p r} = \frac{(v/r_B) \ell_3}{(v/r) r} = \ell_3 / r_B, \quad (16)$$

где r_B – радиус возмущающего вала.

Формулы (12), (14) и (16) показывают, что значения параметров Φ_1, φ_τ и δ не зависят ни от скорости шлихтования, ни от текущего радиуса намотки пряжи на навое. Величина δ (при $\ell_3 = \text{const}$) определяется лишь радиусом того вала, который создает периодические возмущения. Поскольку в (13) $\ell_3 < L_0, \Phi_2 < \Phi_1$. Подставив в (12) и

Для проведения расчетов сделаем оценку параметров $\Phi_1, \Phi_2, \varphi_\tau$ и δ . Из [1, 2] имеем

(14) $r = 65$ мм, $\ell_3 = 100$ мм и $\alpha_2 = 1,128$ рад [3], находим: $\Phi_1 = 2,6$; $\varphi_\tau = 0,503$ рад.

Из (13) и (16)

$$\Phi_2 = 260/L_0 \quad \text{и} \quad \delta = 260/r_B, \quad (17)$$

где L_0 и r_B выражены в мм.

Затухание экспонент в (6) и (10) можно считать законченным, когда приращения угла поворота червячного колеса рассеивающего механизма соответственно будут

$$\varphi_K - \varphi_{K1} = 3/\Phi_1 \quad \text{и} \quad \Delta\varphi_K = 3/\Phi_2. \quad (18)$$

Это произойдет за соответствующие промежутки времени:

$$t - t_1 = (\varphi_K - \varphi_{K1}) r i_{\text{ч}}/v \quad \text{и} \quad \Delta t = \Delta\varphi_K r i_{\text{ч}}/v. \quad (19)$$

Если, например, $\rho = 0,3$ м ($L_0 = 652$ мм [2]) и $v = 90$ м / мин (1,5 м / с), то по первой формуле (17): $\Phi_2 = 0,398$, а по формулам (18) и (19): $\varphi_K - \varphi_{K1} = 1,154$ рад, $\Delta\varphi_K = 7,538$ рад, $t - t_1 = 0,2$ с, $\Delta t = 1,3$ с.

По окончании переходных процессов формулы (6) и (10) после несложных преобразований можно записать следующим образом:

$$\varepsilon_1(\infty) = B_1 + \varepsilon_0 + \frac{\Phi_1 k \varepsilon_0}{\sqrt{\Phi_1^2 + \delta^2}} \sin[\delta(\varphi_K - \varphi_{K1}) - \arctg(\delta/\Phi_1)], \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon(\infty) = & B + \varepsilon_0 + \bar{\varepsilon}_p (1 - \cos 2\varphi_k) + \\ & + \frac{\Phi_1 \Phi_2 k \varepsilon_0}{\sqrt{(\Phi_1^2 + \delta^2)(\Phi_2^2 + \delta^2)}} \times \sin[\delta \Delta \varphi_k - \\ & - \arctg \frac{\delta(\Phi_1 + \Phi_2)}{\Phi_1 \Phi_2 - \delta^2}]. \end{aligned} \quad (21)$$

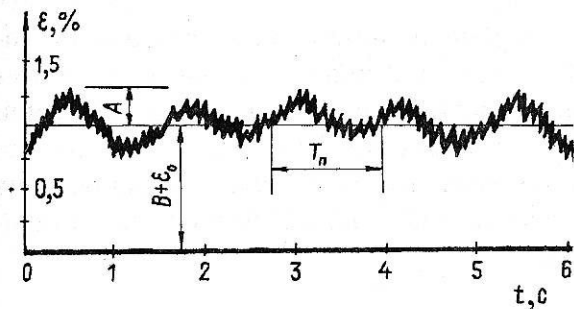


Рис. 2

При отключенном рассеивающем механизме ($r_k = 0$) в формулах (10) и (21) следует положить $\bar{\varepsilon}_p = 0$ [2]. Этому случаю соответствует осциллограмма (рис. 2), полученная на шлихтовальной машине ШБ-11/140 в условиях ОАО "Зиновьевская мануфактура" (г. Иваново) при радиусе намотки $\rho = 0,3$ м и скорости шлихтования $v = 90$ м/мин. Основы готовились для выработки марли арт. 6472.

По осциллограмме период колебаний $T_{\Pi} = 1,24$ с, что соответствует периоду колебаний возмущающего сигнала (2). Следовательно, радиус вала, имеющего эксцентриситет, $r_B = T_{\Pi} v / 2\pi = 0,296$ м. С погрешностью менее 4% это совпадает с радиусом сушильного барабана, равным 0,285 м. При моделировании принимаем $r_B = 0,285$ м, тогда по второй формуле (17) $\delta = 0,912$.

Среднее значение деформации по формуле (21) при $\bar{\varepsilon}_p = 0$ будет $\bar{\varepsilon}(\infty) = B + \varepsilon_0$. По осциллограмме имеем $B + \varepsilon_0 = 1,05\%$, а усредненная амплитуда $A = 0,17\%$. При экспериментальном значении вытяжки $B = 0,3\%$ принимаем $\varepsilon_0 = 1,05 - 0,3 = 0,75\%$. При принятых выше исходных данных, соответствующих условиям эксперимента, из (21) $A = \Phi_1 \Phi_2 k \varepsilon_0 /$

$1/\sqrt{(\Phi_1^2 + \delta^2)(\Phi_2^2 + \delta^2)} = 0,282 k, \%$. Приравнявая это к значению $A = 0,17\%$, находим $k = 0,602$.

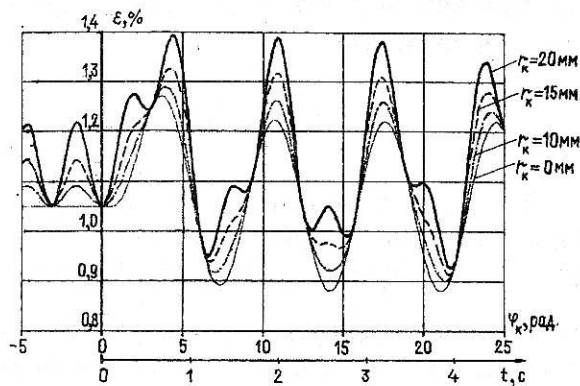


Рис. 3

На рис. 3 приведены графики, рассчитанные по формуле (10) при $\rho = 0,3$ м для четырех вариантов настройки рассеивающего механизма: $r_k = 0, 10, 15$ и 20 мм. При этом соответственно $\bar{\varepsilon}_p = 0; 0,021; 0,048$ и $0,085\%$ [2]. В расчетах принято: $k = 0,6$; $\varphi_{k1} = 0$; $v = 90$ м/мин. Значения остальных параметров формулы (10) приведены выше.

Формулы (10), (21) и графики показывают, что после кратковременного переходного процесса относительная деформация нитей, наматывающихся на ткацкий навой при наличии периодических возмущений, складывается из постоянной составляющей и двух периодических колебаний, обусловленных рассеивающим механизмом и возмущающим воздействием. Амплитуда $\bar{\varepsilon}_p$ колебаний от рассеивающего механизма зависит от его настройки (величины r_k), а амплитуда от возмущающего сигнала (второго слагаемого формулы (21)) уменьшается по сравнению с исходной амплитудой (2) в $\sqrt{(\Phi_1^2 + \delta^2)(\Phi_2^2 + \delta^2)} / (\Phi_1 \Phi_2)$ раз, то есть в нашем случае в 2,65 раза.

В рассматриваемом процессе происходит сложение двух гармонических колебаний с разными амплитудами и периодами. Анализ формулы (21) показывает, что результирующие (суммарные) колебания ве-

личины ε будут иметь период T_{φ_k} , если $\delta/2$ выражается отношением двух целых чисел k_1 и k_2 : $\delta/2 = k_1/k_2$. В противном случае колебания будут непериодическими. При наличии периода он будет определяться формулами

$$T_{\varphi_k} = \pi k_2 = 2 \pi k_1 / \delta. \quad (22)$$

В условиях моделирования по второй формуле (17): $\delta/2 = 260/(2 \cdot 285) = 26/57$. Следовательно, $k_1 = 26$, $k_2 = 57$, $T_{\varphi_k} = 28,5 \cdot 2\pi = 179$ рад и за период результирующих колебаний червячное колесо рассеивающего механизма сделает $n_k = 28,5$ оборота. При этом на ткацкий навой наматывается длина нитей $l_m = n_k 2 \pi r = 46,5$ м, чему соответствует период времени $T_t = 46,5 / 1,5 = 31$ с. При подготовке основ для ткани марля отношение данного периода ко всему машинному времени наматывания навоя до радиуса $\rho = 0,3$ м составляет менее 0,8%.

1. Разработана методика расчета, математического моделирования и анализа относительной деформации нитей, наматывающихся на ткацкий навой при постоянной скорости шлихтования и периодическом изменении предварительной деформации.

2. Данная методика, учитывающая работу рассеивающего механизма, может быть использована при моделировании других нестационарных режимов деформирования нитей в зоне формирования ткацкого навоя на шлихтовальных машинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобылькова И.С., Маховер В.Л. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 1. С.62...65.
2. Маховер В.Л., Бобылькова И.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 6. С.45...48.
3. Маховер В.Л., Бобылькова И.С., Булыгин А.В. / Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 4 - 5. С.63...67.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 27.02.03.