

УДК 677. 023. 76: 517. 2

**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ  
ДЕФОРМИРОВАНИЯ НИТЕЙ  
В ВЫПУСКНОЙ ЗОНЕ ШЛИХТОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ**

*В.Л. МАХОВЕР, И.С. БОБЫЛЬКОВА*

(Ивановская государственная текстильная академия)

В выпускной зоне современных отечественных шлихтовальных машин нити основы 1 (рис.1) огибают мерильный вал 2, обрезиненный выпускной вал 3, ролик-датчик 4, рассеивающий (реглажный) вал 5 и наматываются на ткацкий навой 6.

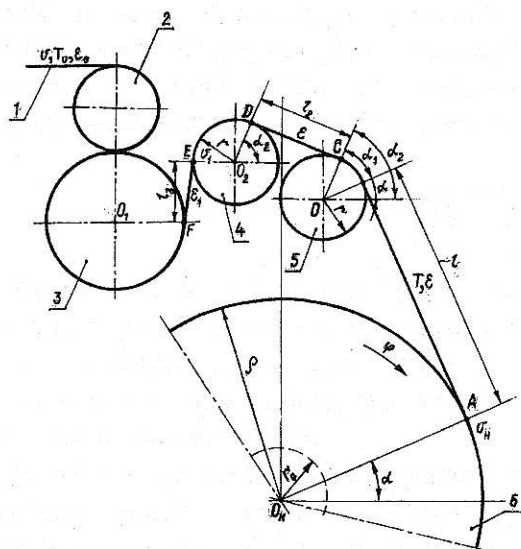


Рис. 1

Вследствие возможного биения сновальных валов на стойке шлихтовальной машины, эксцентricности сушильных барабанов, нестабильности процесса разделения нитей в ценовом поле и других причин могут возникать нестационарные технологические режимы, характеризующиеся изменением во времени деформации и натяжения нитей. Это приводит к нерав-

номерному по длине намотки натяжению основы на ткацком навое, что отрицательно сказывается в процессе ткачества.

Для аналитического определения относительной деформации  $\epsilon = \epsilon(t)$  нитей, наматывающихся на ткацкий навой при постоянной скорости  $v$  шлихтования и произвольном изменении предварительной деформации  $\epsilon_0 = \epsilon_0(t)$  (рис.1), получим дифференциальные уравнения деформирования нитей в рассматриваемой зоне.

Считая деформации нитей упругими, примем следующую схему их деформирования при наматывании на ткацкий навой.

Предварительная относительная деформация  $\epsilon_0$  нитей возрастает скачком до деформации  $\epsilon_1$  в точке F (рис.1) и мгновенно распространяется до точки E. На дуге ED охвата нитями ролика-датчика 4 вследствие его инерционности деформации  $\epsilon_1$  нити фиксируются и со временем запаздываются

$$\tau = r(\pi - \alpha_2) / v \tag{1}$$

поступают в точку D, где мгновенно возрастают до деформации  $\epsilon$  и распространяются вдоль нити до точки A.

Таким образом, общая длина FEDCBA заправки (рис.1) делится нами на два последовательных участка FE и DCBA с соответствующими относительными деформациями  $\epsilon_1$  и  $\epsilon$ .

Дуга ED охвата нитями ролика-датчика представляет собой зону перехода от первого деформирующегося участка нитей ко второму, а длина нитей на дуге СВ рассеивающего вала 5 включается в общую длину DCBA второго участка. Тем самым пренебрегается изменение натяжения нитей по ходу их движения на втором участке, относительное отклонение которого от среднего значения в стационарном режиме по нашей оценке [1] составляет менее 5 %.

Запишем баланс свободных длин нитей на деформирующемся участке FE (рис.1):

$$\frac{vdt}{1+0,01\varepsilon_0} - \frac{v_1dt}{1+0,01\varepsilon_1} = d\left(\frac{l_3}{1+0,01\varepsilon_1}\right), \quad (2)$$

где относительные деформации  $\varepsilon_0$  и  $\varepsilon_1$  выражены в процентах и отсчитываются от ненагруженного (свободного) состояния нити.

Так как  $1/(1+0,01\varepsilon_0) \approx 1-0,01\varepsilon_0$  и  $1/(1+0,01\varepsilon_1) \approx 1-0,01\varepsilon_1$ , уравнение (2) будет

$$(1-0,01\varepsilon_0)vdt - (1-0,01\varepsilon_1)v_1dt = d[(1-0,01\varepsilon_1)l_3]. \quad (3)$$

Здесь  $d[(1-0,01\varepsilon_1)l_3] = -0,01l_3d\varepsilon_1$ .

После подстановки этого выражения в (3) получим

$$0,01l_3 \frac{d\varepsilon_1}{dt} + 0,01v_1\varepsilon_1 = (v_1 - v) + 0,01v\varepsilon_0.$$

Разделив все члены этого равенства на  $0,01v$  и приняв во внимание, что  $v_1/v \approx 1$ , приходим к дифференциальному уравнению на участке FE (рис.1):

$$\tau_1 \frac{d\varepsilon_1}{dt} + \varepsilon_1 = B_1 + \varepsilon_0, \quad (4)$$

где

$$B_1 = (v_1 - v) \cdot 100/v, \quad \tau_1 = l_3/v \quad (5)$$

– вытяжка нитей (%) и постоянная времени переходных процессов на участке FE.

При составлении дифференциального уравнения деформирования нити на участке DCBA (рис.1) учитываем влияние рас-

сеивающего механизма, который согласно [2] сообщает нити дополнительную относительную деформацию

$$\varepsilon_p = \bar{\varepsilon}_p (1 - \cos 2\varphi_k), \quad (6)$$

где

$$\bar{\varepsilon}_p = 25r_k\theta/L_0, \quad (7)$$

$r_k$ ,  $\varphi_k$ ,  $L_0$  – радиус, текущий угол поворота червячного колеса регулируемого механизма и длина участка DCBA:

$$L_0 = l_2 + r\alpha_1 + l; \quad (8)$$

$\theta$  – безразмерный геометрический параметр, определяемый по формуле [(15), 2]. Величины  $l$ ,  $l_2$ ,  $r$ ,  $\alpha_1$  указаны на рис.1.

Уравнение баланса свободных длин нитей на участке DCBA будет

$$\frac{v_1dt}{1+0,01(\varepsilon_1 + \varepsilon_p)} - \frac{\varrho d\varphi}{1+0,01\varepsilon} = d\left(\frac{L}{1+0,01\varepsilon}\right), \quad (9)$$

где  $L$  – длина нитей на данном участке, изменяющаяся под действием рассеивающего механизма [2]:

$$L = L_0 + 0,5r_k\theta \sin^2\varphi_k; \quad (10)$$

$\varrho$ ,  $\varphi$  – текущий радиус намотки и угол поворота ткацкого навоя.

Аналогично предыдущему уравнение (9) можно записать в виде

$$[1-0,01(\varepsilon_1+\varepsilon_p)]v_1dt-(1-0,01\varepsilon)Qd\varphi = d[(1-0,01\varepsilon)L]. \quad (11)$$

Поскольку  $d[(1-0,01\varepsilon)L] = -0,01Ld\varepsilon + (1-0,01\varepsilon)dL \approx -0,01Ld\varepsilon + dL$ , уравнение (11) будет

$$0,01L \frac{d\varepsilon}{dt} + 0,01v_H\varepsilon = (v_H - v_1) + 0,01(\varepsilon_1 + \varepsilon_p)v_1 + \frac{dL}{dt}, \quad (12)$$

где  $v_H = Qd\varphi/dt$  – линейная скорость вращения поверхности намотки ткацкого навоя.

Положив в левой части равенства (12)  $L=L_0$  и разделив все его члены на  $0,01v$  (принимая  $v_1/v = v_H/v \approx 1$ ), получим дифференциальное уравнение деформирования нитей на участке ДСВА (рис.1):

$$\tau_2 \frac{d\varepsilon}{dt} + \varepsilon = B_2 + \varepsilon_1 + \varepsilon_p + \frac{100}{v} \frac{dL}{dt}, \quad (13)$$

где

$$B_2 = (v_H - v_1) \cdot 100/v, \quad \tau_2 = L_0/v \quad (14)$$

– вытяжка нитей (%) и постоянная времени переходных процессов на участке ДСВА.

Для более компактной записи решений дифференциальных уравнений (4) и (13) и

$$\frac{d\varepsilon}{d\varphi_K} + \Phi_2\varepsilon = \Phi_2(B_2 + \varepsilon_1 + \bar{\varepsilon}_p) - \bar{\varepsilon}_p(\Phi_2 \cos 2\varphi_K - 2 \sin 2\varphi_K), \quad (17)$$

где

$$\Phi_1 = 1/(\omega_K \tau_1), \quad \Phi_2 = 1/(\omega_K \tau_2) \quad (18)$$

– безразмерные величины.

Дифференциальные уравнения (16) и (17) при соответствующих начальных условиях представляют собой систему для изучения нестационарных режимов деформирования нитей в выпускной зоне шлихтовальной машины. В течение малого времени переходных процессов радиус  $Q$  намотки навоя остается практически неизменным. Поэтому при моделировании деформирования нитей с помощью полученных уравнений каждый раз можно поло-

удобства анализа целесообразно перейти в них от текущего времени  $t$  к углу поворота  $\varphi_K$  червячного колеса, имея в виду, что  $\varphi_K = \omega_K t$ , а угловая скорость  $\omega_K$  вращения червячного колеса связана со скоростью  $v$  шлихтования:

$$\omega_K = v/(r_i), \quad (15)$$

где  $i_r$  – передаточное отношение от рассеивающего вала к червячному колесу ( $i_r = \omega_p/\omega_K$ ).

С учетом того, что  $d\varepsilon_1/dt = \omega_K d\varepsilon_1/d\varphi_K$ ,  $d\varepsilon/dt = \omega_K d\varepsilon/d\varphi_K$ ,  $dL/dt = \omega_K dL/d\varphi_K$  и формул (10), (6), дифференциальные уравнения (4) и (13) приводятся соответственно к виду:

$$\frac{d\varepsilon_1}{d\varphi_K} + \Phi_1\varepsilon_1 = \Phi_1(B_1 + \varepsilon_0), \quad (16)$$

жить  $Q = \text{const}$ , учитывая, что величины  $l$  и  $\alpha_1$ , а следовательно, и  $L_0$ , являются функциями радиуса  $Q$  [1].

Для того, чтобы не вносить дополнительную деформацию нитям, на производстве часто работают при отключенном рассеивающем механизме ( $r_K = 0$ ). В этом случае в (17) следует положить  $\bar{\varepsilon}_p = 0$ .

В качестве примера применения полученных уравнений на их основе рассмотрим работу реглажного механизма.

Пусть до момента времени  $t=0$  ( $\varphi_K=0$ ) реглажный механизм отключен, а  $B_1, \varepsilon_0$  и  $B_2 = \text{const}$ . При этом установившемся ре-

жиме  $d\varepsilon_1/d\varphi_k = d\varepsilon/d\varphi_k = 0$  и из (16) и (17) имеем

$$\varepsilon_1 = B_1 + \varepsilon_0 \text{ и } \varepsilon = B_2 + \varepsilon_1. \quad (19)$$

Откуда

$$\varepsilon = B + \varepsilon_0, \quad (20)$$

где

$$B = B_1 + B_2 \quad (21)$$

$$\frac{d\varepsilon}{d\varphi_k} + \Phi_2 \varepsilon = \Phi_2 (B + \varepsilon_0 + \bar{\varepsilon}_p) - \bar{\varepsilon}_p (\Phi_2 \cos 2\varphi_k - 2 \sin 2\varphi_k). \quad (22)$$

С помощью непосредственной подстановки можно убедиться в том, что решением данного уравнения при заданном начальном условии (согласно (20)  $\varepsilon(0) = B + \varepsilon_0$ ) является функция

$$\varepsilon = B + \varepsilon_0 + \bar{\varepsilon}_p (1 - \cos 2\varphi_k). \quad (23)$$

Отсюда видно, что относительная деформация нитей, наматывающихся на ткацкий навой, складывается из их предварительной деформации, вытяжки в зоне наматывания и дополнительной деформации

$$\varepsilon_p = \bar{\varepsilon}_p (1 - \cos 2\varphi_k), \quad (24)$$

создаваемой рассеивающим механизмом.

Заметим, что формула (24) совпадает с (6), полученной в [2] по другим соображениям.

– суммарная вытяжка нитей в зоне формирования ткацкого навоя.

Затем при  $\varphi_k = 0$  устанавливается  $r_k \neq 0$  и реглажный механизм включается в работу. Величины  $B_1$ ,  $\varepsilon_0$  и  $B_2$  остаются на прежних постоянных уровнях.

После подстановки первого равенства (19) в дифференциальное уравнение (17) последнее с учетом (21) будет

## ВЫВОДЫ

Дифференциальные уравнения (16) и (17) деформирования нитей в выпускной зоне шлихтовальной машины, учитывающие действие реглажного механизма, могут быть использованы при анализе нестационарных режимов наматывания нитей на ткацкий навой.

## ЛИТЕРАТУРА

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

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 18.10.02.