

УДК 677.023.7

**РАСЧЕТ НАТЯЖЕНИЯ ПРОВОЛОК В ЗОНЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛИКОВ НАТЯЖНОГО УСТРОЙСТВА НА НАВОЙНОЙ УСТАНОВКЕ НС-100-М**

*В.Л. МАХОВЕР, С.В. СЕЛЕЗНЕВ, Т.Б. ВОРОБЬЕВА*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Продолжая изучение [1], [2] стационарного процесса сматывания проволок с тороидального шпулярика по технологической схеме [1] навоной установки

НС-100-М [3], получим методику расчета их натяжения в зоне натяжного устройства.

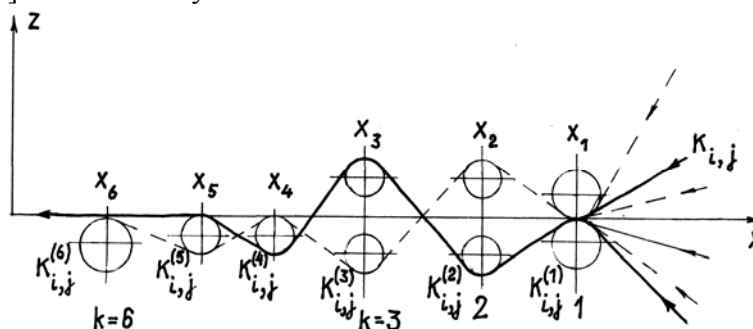


Рис. 1

Натяжное устройство (гитара) [4] содержит свободно вращающиеся на осях входные валки с абсциссами  $X_1$  (рис. 1), две пары разделительных валков  $X_2, X_3$ , а также валки  $X_4, X_5$  и  $X_6$ . Порядковый номер пары валков или одного валка на рис.1 обозначим через  $k$  ( $k=1, 2, \dots, 6$ ). Определим натяжения  $K_{i,j}^{(k)}$  проволок по-

сле прохождения разделительных валков с абсциссами  $X_2$  и  $X_3$  ( $k=2, 3$ ).

Натяжения  $K_{i,j}^{(1)}$  проволок после входных валков считаем заданными [2]. Индексы  $i, j$ , как и ранее [1], [2], означают порядковый номер катушки соответственно в горизонтальном и вертикальном рядах шпулярика.

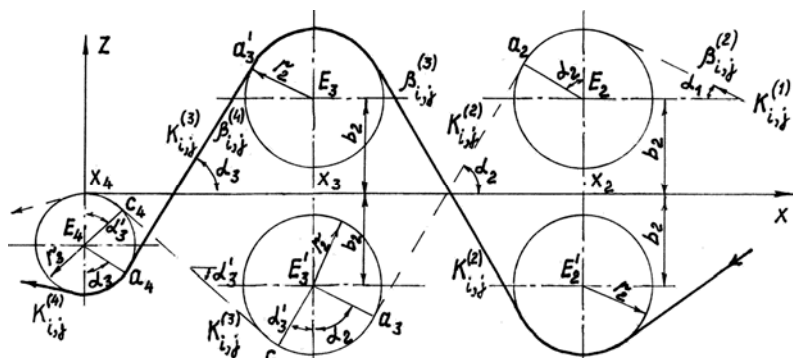


Рис. 2

Согласно проборке [1] проволока с тороидального шпулярника штриховые линии заправки (рис.1,2) соответствуют проволокам с координатами

$$i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 2k' - 1, \quad (1)$$

а сплошные линии – проволокам с индексами

$$i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 2k', \quad (2)$$

где  $k' = 1, 2, \dots, m/2$ ;  $n$  – число катушек в горизонтальном, а  $m$  – в вертикальном ряду шпулярника; число  $m$  полагаем четным.

Для верхнего разделительного валика с абсциссой  $X_2$  (рис.2) равнодействующие сил натяжений, перпендикулярных его оси (рис.3), будут:

$$K_{\Sigma}^{(1)} = \sum_{i=1}^n \sum_{(j)} K_{i,j}^{(1)} \cos \beta_{i,j}^{(2)}, \quad (3)$$

$$K_{\Sigma}^{(2)} = \sum_{i=1}^n \sum_{(j)} K_{i,j}^{(2)} \cos \beta_{i,j}^{(3)},$$

где согласно (1):  $j = 2k' - 1$ ,  $k' = 1, 2, \dots, m/2$ ;  $\beta_{i,j}^{(2)}$ ,  $\beta_{i,j}^{(3)}$  – углы отклонения проволок от плоскости  $XOZ$  соответственно до и после валиков  $E_2$  и  $E'_2$ .

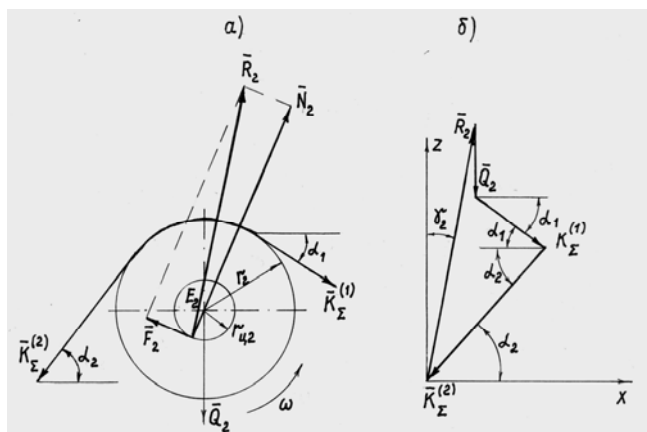


Рис. 3

Аналогично [(21),2] имеем:

$$\cos \beta_{i,j}^{(2)} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (b_2 + r_2)^2} / \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_{i,j}^{(1)} - Y_{i,j}^{(2)})^2 + (b_2 + r_2)^2}, \quad (4)$$

$$\cos \beta_{i,j}^{(3)} = \sqrt{(X_2 - X_3)^2 + 4(b_2 + r_2)^2} / \sqrt{(X_2 - X_3)^2 + (Y_{i,j}^{(2)} - Y_{i,j}^{(3)})^2 + 4(b_2 + r_2)^2}. \quad (5)$$

Здесь координаты  $Y_{i,j}^{(1)}$ ,  $Y_{i,j}^{(2)}$  определяются по выражению [(7) 1].

Из рис. 3-а записываем уравнение моментов сил, действующих на разделительный валик:

$$(K_{\Sigma}^{(2)} - K_{\Sigma}^{(1)}) r_2 = F_2 r_{u2} + M_2, \quad (6)$$

где  $M_2$  – дополнительный тормозной момент, прикладываемый к валику с его тор-

цов;  $r_2$ ,  $r_{u2}$  – радиусы валика и его цапфы;  $F_2$  – сила трения в опорах.

Учитывая, что реакция опоры (рис.3-а):

$$R_2 = \sqrt{N_2^2 + F_2^2} \quad \text{и} \quad F_2 = f_2 N_2, \quad (7)$$

где  $N_2$  – нормальная составляющая реакции опоры;  $f_2$  – коэффициент трения в опорах, из уравнения (6) найдем:

$$K_{\Sigma}^{(2)} - K_{\Sigma}^{(1)} = f_{o2} R_2 + \frac{M_2}{r_2}, \quad (8)$$

где

$$f_{o2} = f_2 r_{u2} / (r_2 \sqrt{1 + f_2^2}). \quad (9)$$

$$K_{i,j}^{(2)} = \mu_1 K_{i,j}^{(1)} + 2 \left[ \left( f_{o2} R_2 + \frac{M_2}{r_2} \right) / (nm \cos \beta_{i,j}^{(3)}) \right], \quad (10)$$

где, как и ранее, индексы  $i, j$  принимают значения (1), а  $\mu_1 = \cos \beta_{i,j}^{(2)} / \cos \beta_{i,j}^{(3)}$ .

Для того, чтобы определить величину реакции  $R_2$  опоры разделительного валика, необходимую для расчета по формуле (10), спроектируем силовой многоугольник (рис. 3-б) на оси координат:

$$\begin{cases} K_{\Sigma}^{(2)} \cos \alpha_2 - K_{\Sigma}^{(1)} \cos \alpha_1 = R_2 \sin \gamma_2, \\ K_{\Sigma}^{(2)} \sin \alpha_2 + K_{\Sigma}^{(1)} \sin \alpha_1 + Q_2 = R_2 \cos \gamma_2, \end{cases} \quad (11)$$

где  $Q_2$  – вес разделительного валика.

Умножим первое уравнение этой системы на  $\sin \alpha_2$ , а второе – на  $\cos \alpha_2$ . Затем

$$K_{\Sigma}^{(1)} [1 - \cos(\alpha_1 + \alpha_2)] + Q_2 \sin \alpha_2 + \frac{M_2}{r_2} = R_2 [\sin(\gamma_2 + \alpha_2) - f_{o2}]. \quad (14)$$

Объединим (12) и (14) в систему двух уравнений:

$$\begin{cases} K_{\Sigma}^{(1)} \sin \alpha_{12} + Q_2 \cos \alpha_2 = R_2 \cos \gamma_2^*, \\ K_{\Sigma}^{(1)} (1 - \cos \alpha_{12}) + Q_2 \sin \alpha_2 + \frac{M_2}{r_2} = R_2 (\sin \gamma_2^* - f_{o2}), \end{cases} \quad (15)$$

где

$$\alpha_{12} = \alpha_1 + \alpha_2, \quad \gamma_2^* = \gamma_2 + \alpha_2. \quad (16)$$

Умножим первое уравнение системы (15) на  $(\sin \gamma_2^* - f_{o2})$ , второе уравнение – на  $\cos \gamma_2^*$  и вычтем затем второе уравнение из первого.

Согласно [2] разность (8) равномерно распределяется по составляющим натяжениям, перпендикулярным оси валика. В результате аналогично [(22) 2] записываем:

после вычитания первого уравнения из второго и преобразований будем иметь:

$$\begin{aligned} K_{\Sigma}^{(1)} \sin(\alpha_1 + \alpha_2) + Q_2 \cos \alpha_2 = \\ = R_2 \cos(\gamma_2 + \alpha_2). \end{aligned} \quad (12)$$

Умножим теперь первое уравнение системы (11) на  $\cos \alpha_2$ , а второе – на  $\sin \alpha_2$ . После сложения и преобразований, получим:

$$\begin{aligned} K_{\Sigma}^{(2)} - K_{\Sigma}^{(1)} \cos(\alpha_1 + \alpha_2) + Q_2 \sin \alpha_2 = \\ = R_2 \sin(\gamma_2 + \alpha_2). \end{aligned} \quad (13)$$

Подставив в (13) выражение  $K_{\Sigma}^{(2)}$  из (8), найдем:

После несложных преобразований будем иметь:

$$A_0 \sin \gamma_2^* - B_0 \cos \gamma_2^* = C_0, \quad (17)$$

где

$$A_0 = K_{\Sigma}^{(1)} \sin \alpha_{12} + Q_2 \cos \alpha_2, \quad (18)$$

$$B_0 = K_{\Sigma}^{(1)}(1 - \cos \alpha_{12}) + Q_2 \sin \alpha_2 + \frac{M_2}{r_2}, \quad (19)$$

$$C_0 = f_{02}(Q_2 \cos \alpha_2 + K_{\Sigma}^{(1)} \sin \alpha_{12}). \quad (20)$$

$$\cos \gamma_2^* = (A_0 \sqrt{A_0^2 + B_0^2} - C_0 - B_0 C_0) / (A_0^2 + B_0^2). \quad (21)$$

Из первого уравнения системы (15) получаем:

$$R_2 = (K_{\Sigma}^{(1)} \sin \alpha_{12} + Q_2 \cos \alpha_2) / \cos \gamma_2^*. \quad (22)$$

Аналогичные рассуждения для нижнего разделительного валика  $E_2'$  (рис.2) показывают, что натяжения  $K_{i,j}^{(2)}$  после него вычисляются по тем же формулам (3), (4), (5), (10), (18)...(22), если принять  $M_2 = M_2'$ , знак при  $Q_2$  поменять с плюса на минус, а индексам  $i, j$  давать значения (2).

Для верхнего разделительного валика  $E_3$  (рис.2) схема действия сил и силовой

Полагая  $\sin \gamma_2^* = \sqrt{1 - \cos^2 \gamma_2^*}$ , из (17) находим:

многоугольник будут такими же, как показано на рис.3, если вместо  $K_{i,j}^{(1)}$ ,  $K_{\Sigma}^{(1)}$ ,  $K_{i,j}^{(2)}$ ,  $K_{\Sigma}^{(2)}$ ,  $\beta_{i,j}^{(2)}$ ,  $\beta_{i,j}^{(3)}$ ,  $R_2$ ,  $F_2$ ,  $Q_2$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  соответственно положить  $K_{i,j}^{(2)}$ ,  $K_{\Sigma}^{(2)}$ ,  $K_{i,j}^{(3)}$ ,  $K_{\Sigma}^{(3)}$ ,  $\beta_{i,j}^{(3)}$ ,  $\beta_{i,j}^{(4)}$ ,  $R_3$ ,  $F_3$ ,  $Q_3$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ . Поэтому расчет натяжения  $K_{i,j}^{(3)}$  проволок после него с учетом этих изменений будет производиться по формулам (3), (5), (10), (18)...(22) при  $M_2 = M_3$ ,  $f_2 = f_3$ ,  $f_{02} = f_{03}$  и  $\mu_1 = \mu_2 = \cos \beta_{i,j}^{(3)} / \cos \beta_{i,j}^{(4)}$ .

Индексы  $i$  и  $j$  в данном случае принимают значения (2), а  $\cos \beta_{i,j}^{(4)}$  рассчитывается по формуле

$$\cos \beta_{i,j}^{(4)} = \sqrt{(X_3 - X_4)^2 + (b_2 + r_2 + 2r_3)^2} / \sqrt{(X_3 - X_4)^2 + (Y_{i,j}^{(3)} - Y_{i,j}^{(4)})^2 + (b_2 + r_2 + 2r_3)^2}. \quad (23)$$

Натяжения  $K_{i,j}^{(3)}$  проволок после нижнего разделительного валика  $E_3'$  (рис.2) рассчитываются по тем же формулам, что и для верхнего валика  $E_3$ , если принять  $M_3 = M_3'$ ,  $\alpha_3 = \alpha_3'$ , поменять знак при  $Q_3$  с плюса на минус, а индексам  $i$  и  $j$  давать

значения (1). При этом  $\cos \beta_{i,j}^{(4)}$  рассчитывается по формуле (23) при  $r_3 = 0$ .

Необходимый для расчета угол  $\alpha_1$  определяется по формуле [(28) 2], а угол  $\alpha_2$  – проектированием замкнутой ломаной линии  $X_3 E_3' a_3 a_2 E_2 X_2$  (рис.2) на оси координат:

$$\alpha_2 = \arcsin \left[ 2 r_2 / \sqrt{(X_2 - X_3)^2 + 4 b_2^2} \right] + \arctg \left[ 2 b_2 / (X_2 - X_3) \right]. \quad (24)$$

Проектируя поочередно ломаные линии  $X_4 E_4 a_4 a_3 E_3 X_3$  и  $X_4 E_4 C_4 C_3 E_3' X_3$  (рис.2) на

оси координат, аналогично предыдущему находим:

$$\alpha_3 = \arcsin \left[ (r_2 + r_3) / \sqrt{(X_3 - X_4)^2 + (r_3 + b_2)^2} \right] + \arctg \left[ (r_3 + b_2) / (X_3 - X_4) \right], \quad (25)$$

$$\alpha_3' = \arcsin \left[ (r_2 + r_3) / \sqrt{(X_3 - X_4)^2 + (b_2 - r_3)^2} \right] + \arctg \left[ (b_2 - r_3) / (X_3 - X_4) \right]. \quad (26)$$

В заключение заметим, что полученные здесь расчетные формулы для натяжений

$K_{i,j}^{(2)}$  и  $K_{i,j}^{(3)}$  проволок справедливы лишь в

случае, когда полное скольжение их по дугам охвата разделительных валиков  $E_2$ ,  $E'_3$  и  $E'_2$ ,  $E_3$  (рис.2) отсутствует.

Это будет при выполнении условий:

– для валиков  $E_2$  и  $E'_3$  :

$$K_{\Sigma}^{(2)} < K_{\Sigma}^{(1)} \exp [f_b(\alpha_1 + \alpha_2)], \quad (27)$$

$$K_{\Sigma}^{(3)} < K_{\Sigma}^{(2)} \exp [f_b(\alpha_2 + \alpha'_3)],$$

где при вычислении соответствующих сумм  $i=1,2,\dots,n$ ;  $j=2k'-1$ ;  $k'=1, 2, \dots, m/2$ ;

– для валиков  $E'_2$  и  $E_3$  :

$$K_{\Sigma}^{(2)} < K_{\Sigma}^{(1)} \exp [f_b(\alpha_1 + \alpha_2)], \quad (28)$$

$$K_{\Sigma}^{(3)} < K_{\Sigma}^{(2)} \exp [f_b(\alpha_2 + \alpha_3)],$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j = 2k'$ ;  $k' = 1, 2, \dots, m/2$ .

В противном случае натяжения проволок на выходе указанных валиков будут рассчитываться через натяжения на их входе по формуле Л. Эйлера.

Т а б л и ц а 1

Порядковые номера $i$ вертикальных рядов катушек	Порядковые номера $j$ горизонтальных рядов катушек							
	1		18		21		38	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Натяжение $K_{i,j}^{(2)}$ проволок (сН) после разделительных валиков $E_2$ и $E'_2$ (рис.2)								
1	9,1	19,7	8,4	18,3	8,4	18,2	8,2	17,9
4	8,8	19,2	8,4	18,3	8,4	18,2	8,0	17,5
7	8,8	19,2	8,4	18,3	8,4	18,2	8,0	17,5
10	9,1	19,7	8,4	18,3	8,4	18,2	8,2	17,9
Натяжение $K_{i,j}^{(3)}$ проволок (сН) после разделительных валиков $E_3$ и $E'_3$ (рис.2)								
1	9,5	20,9	9,3	20,0	8,8	19,4	9,2	19,7
4	9,2	20,2	9,3	19,9	8,8	19,3	8,9	19,1
7	9,2	20,2	9,3	19,9	8,8	19,3	8,9	19,1
10	9,5	20,9	9,3	20,0	8,8	19,4	9,2	19,7

П р и м е ч а н и е. I –  $M=0$  (катушки тормозятся от собственного веса); II –  $M= 150$  сН·мм.

По предложенной методике на компьютере рассчитаны натяжения 380 проволок. В табл. 1 приведены выборочные результаты расчета для проволок крайних и средних катушек шпулярника. В расчетах кроме исходных данных [1], [2] принято:  $X_3=980$ ;  $X_4=855$  мм;  $r_2=r_3=10$  мм;  $r_{ц2}=r_{ц3}=5$  мм;  $Q_2=Q_3=325$  сН;  $M_2=M'_2=M_3=M'_3=150$  сН·мм;  $f_2=f_3=0,20$ ;  $f_b=0,22$ ,  $b_2=15$  мм.

## ВЫВОДЫ

Предложена методика расчета натяжения проволок в зоне разделительных валиков при сматывании с катушек шпулярника на навойной установке НС-100-М.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Маховер В.Л., Воробьева Т.Б., Тувин А.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, № 3. С.41...45.
2. Воробьева Т.Б., Маховер В.Л., Селезнев С.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, № 6. С.42...47.
3. Паспорт навойной станции марки НС-100-М. Шуйский машиностроительный завод им. М.В. Фрунзе, 1980.
4. Киреева А.И., Перескокова В.Ф., Спиридонов Г.П. Металлоткачество. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1957.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 15.09.06