

РАСЧЕТ НАТЯЖЕНИЯ ПРОВОЛОК В ЗОНЕ СМАТЫВАНИЯ С КАТУШЕК И ПОСЛЕ ВХОДНЫХ ВАЛИКОВ НА НАВОЙНОЙ УСТАНОВКЕ НС-100-М

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

(Ивановская государственная текстильная академия)

Продолжая изучение [1] стационарного процесса сматывания проволок с тороидального шпулярника навоной установки НС-100-М [2], получим методику расчета их натяжения в зоне сматывания с катушек и после входных валиков.

Условия сматывания верхних и нижних катушек [1, рис.1] различаются между собой. Поэтому рассмотрим сначала верхнюю катушку, для которой угол сматывания $\alpha > 0$ (рис.1-а).

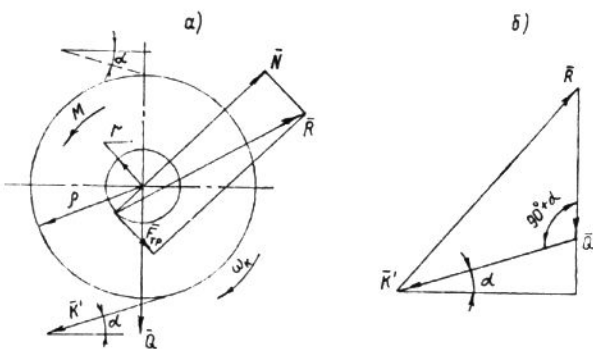


Рис. 1

На катушку действуют: дополнительный тормозной момент M , вес \bar{Q} катушки с проволокой, сила $\bar{F}_{\text{тр}}$ трения катушки о

шпильку и нормальная сила \bar{N} реакции опоры. Очевидно,

$$F_{\text{тр}} = fN, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения катушки о шпильку.

В свою очередь $R = \sqrt{N^2 + F_{\text{тр}}^2}$, или с учетом (1):

$$R = \sqrt{1 + f^2} N. \quad (2)$$

Из треугольника сил (рис. 1-б) находим

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{K'^2 + Q^2 - 2K'Q \cos(90 + \alpha)} = \\ &= \sqrt{K'^2 + Q^2 + 2K'Q \sin \alpha}, \end{aligned} \quad (3)$$

где K' – натяжение проволоки, сматываемой с катушки перпендикулярно ее оси при допущениях [1].

Приравнивая (2) и (3), получаем:

$$N = \sqrt{K'^2 + Q^2 + 2K'Q \sin \alpha} / \sqrt{1 + f^2}. \quad (4)$$

Теперь из (1) и (4):

$$F_{\text{тр}} = f \sqrt{K'^2 + Q^2 + 2K'Q \sin \alpha} / \sqrt{1+f^2}. \quad (5)$$

Из рис. 1-а записываем уравнение моментов сил, действующих на катушку:

$$M + F_{\text{тр}} r_{\text{ш}} = K' \varrho, \quad (6)$$

где ϱ – радиус намотки проволоки на катушке; $r_{\text{ш}}$ – радиус шпильки (считаем рав-

$$K' = \frac{M\varrho + r_0^2 Q \sin \alpha}{\varrho^2 - r_0^2} \pm \sqrt{\left(\frac{M\varrho + r_0^2 Q \sin \alpha}{\varrho^2 - r_0^2} \right)^2 - \frac{M^2 - r_0^2 Q^2}{\varrho^2 - r_0^2}}. \quad (9)$$

В частном случае, когда $M = 0$, второе слагаемое, полученное после извлечения корня в формуле (9), будет больше первого слагаемого. Поэтому в (9) перед корнем нужно взять знак плюс, так как натяжение

$$K' = \frac{M\varrho + r_0^2 Q \sin \alpha}{\varrho^2 - r_0^2} + \frac{r_0}{\varrho^2 - r_0^2} \sqrt{M(M + 2Q\varrho \sin \alpha) + Q^2(\varrho^2 - r_0^2 \cos^2 \alpha)}. \quad (10)$$

Рассматривая в шпулярнике нижнюю катушку (на рис. 1-а направление сматывания показано штриховой линией) и полагая условно $\alpha > 0$, приходим к той же формуле (10), но перед слагаемыми, содержащими $\sin \alpha$, в ней будут стоять знаки "минус".

Однако для нижних катушек ранее [1] принято $\alpha < 0$, поэтому полученная формула (10) оказывается справедливой и в данном случае.

Для расчета по формуле (10) натяжения $K'_{i,j}$ проволоки, сматывающейся с данной катушки, необходимо согласно [1] указать ее координаты: порядковый номер расположения в горизонтальном (i) и вертикальном (j) ряду шпулярника ($i=1,2,\dots, n$; $j=1,2,\dots, m$). При этом параметры $M_{i,j}$, $Q_{i,j}$, $\varrho_{i,j}$ и $\alpha_{i,j}$ разных катушек в общем случае различны. Углы

внутреннему радиусу ствола катушки).

После подстановки (5) в (6) приходим к следующему равенству:

$$r_0 \sqrt{K'^2 + Q^2 + 2K'Q \sin \alpha} = K' \varrho - M, \quad (7)$$

где $r_0 = f r_{\text{ш}} / \sqrt{1+f^2}$. (8)

Выражение (7) легко приводится к квадратному уравнению относительно натяжения K' , откуда находим:

K' проволоки не может быть отрицательной величиной.

Проделав под корнем формулы (9) соответствующие преобразования, получим:

$\alpha_{i,j}$ сматывания проволок рассчитываются по формуле [1 (9)].

Как показано в [1], действительное натяжение $K_{i,j}$ проволоки определяется не только углом сматывания $\alpha_{i,j}$, но и углом $\beta_{i,j}$ отклонения проволоки от плоскости, перпендикулярной оси катушки. Это натяжение рассчитывается по формуле [1 (10)], где вместо приближенной формулы [1 (13)]:

$$\beta_{i,j} = \arcsin \left[(X_1 \sin \varphi_i - Y_{i,j}^{(1)} \cos \varphi_i) / \sqrt{(X_{i,j}^{(k)} - X_1)^2 + (Y_{i,j}^{(k)} - Y_{i,j}^{(1)})^2 + Z_j^{(k)2}} \right]. \quad (11)$$

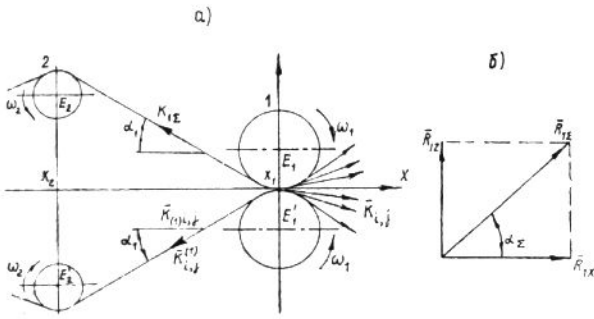


Рис. 2

Проволоки, сматывающиеся с катушек шпулярика с натяжением $K_{i,j}$, проходят между входными валиками 1 (рис.2-а), соприкасающимися между собой без давления друг на друга. В результате вращения входных валиков огибающими их проволоками и воздействия сил трения в цапфах валиков проволоки получают дополнительное натяжение. С учетом этого получим формулы для определения натяжения $K_{i,j}^{(1)}$ (рис.2-а) каждой проволоки после входных валиков.

Согласно проборке [1] проволок на навойной установке верхний входной валик E_1 (рис.2-а) справа огибают проволоки, катушки которых в шпулярике имеют координаты: $i=1,2,\dots, n$ и $j=1,2,\dots, m/2$; слева этот валик огибают проволоки с координатами: $i=1,2,\dots, n$ и $j=2k'-1$, где $k'=1,2,\dots, m/2$. Нижний входной валик E'_1 справа огибают проволоки с координатами: $i=1,2,\dots, n$; $j=\frac{m}{2}+1, \frac{m}{2}+2,\dots, m$, а слева – с координатами: $i=1,2,\dots, n$; $j=2k'$, где $k'=1,2,\dots, m/2$. Полагаем число m – четным.

Для верхнего входного валика модуль равнодействующей сил натяжений, перпендикулярных его оси (рис.2-б), будет:

$$R_{1\Sigma} = \sqrt{R_{1x}^2 + R_{1z}^2}, \quad (12)$$

где

$$R_{1x} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m/2} K_{i,j} \cos \alpha_{i,j} \cos \beta'_{i,j},$$

$$R_{1z} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m/2} K_{i,j} \sin \alpha_{i,j}; \quad (13)$$

$$\cos \beta'_{i,j} = (X_{i,j}^{(k)} - X_1) / \sqrt{(X_{i,j}^{(k)} - X_1)^2 + (Y_{i,j}^{(k)} - Y_{i,j}^{(1)})^2}, \quad (14)$$

$\beta'_{i,j}$ – угол между проекцией проволоки на плоскость XOY и осью OX [1, рис.1].

Направление равнодействующей $R_{1\Sigma}$ характеризуется углом

$$\alpha_{1\Sigma} = \arctg(R_{1z} / R_{1x}). \quad (15)$$

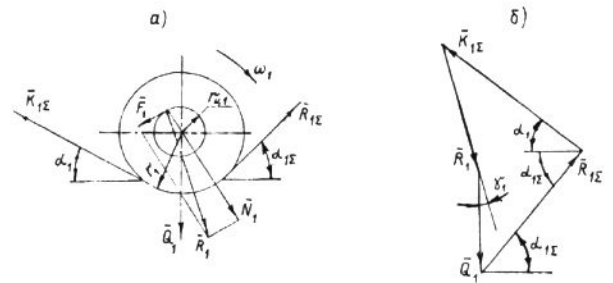


Рис. 3

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

$$(K_{1\Sigma} - R_{1\Sigma})r_1 = F_1 r_{ц1}, \quad (16)$$

где $\bar{K}_{1\Sigma}$ – равнодействующая сил натяжений $\bar{K}_{(1)i,j}$, перпендикулярных оси вращения верхнего валика на его выходе; $r_{ц1}$, \bar{F}_1 – радиус цапфы валика и сила трения в его опорах.

Учитывая, что $F_1 = f_1 N_1$, где f_1 – коэффициент трения в цапфах валика, а N_1 – нормальная составляющая реакции опоры (рис. 3-а), по аналогии с (2) находим $R_1 = \sqrt{1+f_1^2} N_1$. Следовательно, $F_1 = f_1 R_1 / \sqrt{1+f_1^2}$.

Подставив это выражение в (16), получим:

$$K_{1\Sigma} - R_{1\Sigma} = f_{01}R_1, \quad (17)$$

где

$$f_{01} = r_{\text{ш}}f_1 / (r_1\sqrt{1+f_1^2}). \quad (18)$$

Согласно [3] разность (17) равномерно распределяется по натяжениям $K_{(1)i,j}$ верхних ветвей проволок, поэтому для верхнего входного валика (рис. 2-а) записываем:

$$K_{(1)i,j} = K_{i,j} \cos \beta_{i,j}^{(1)} + 2(f_{01}R_1 / nm), \quad (19)$$

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

$$\cos \beta_{i,j}^{(1)} = \sqrt{(X_{i,j}^{(k)} - X_1)^2 + Z_j^{(k)2}} / \sqrt{(X_{i,j}^{(k)} - X_1)^2 + (Y_{i,j}^{(k)} - Y_{i,j}^{(1)})^2 + Z_j^{(k)2}}. \quad (20)$$

С учетом того, что $K_{(1)i,j} = K_{i,j} \cos \beta_{i,j}^{(2)}$,

$$\begin{cases} R_{1\Sigma} (\cos \alpha_{1\Sigma} - \cos \alpha_1) = R_1 (f_{01} \cos \alpha_1 - \sin \gamma_1), \\ R_{1\Sigma} (\sin \alpha_{1\Sigma} + \sin \alpha_1) - Q_1 = R_1 (\cos \gamma_1 - f_{01} \sin \alpha_1), \end{cases} \quad (23)$$

где Q_1 – вес входного валика.

Умножим первое уравнение этой системы на $(\cos \gamma_1 - f_{01} \sin \alpha_1)$, а второе – на $(f_{01} \cos \alpha_1 - \sin \gamma_1)$. После вычитания затем второго уравнения из первого и преобразований будем иметь:

$$A_0 \sin \gamma_1 + B_0 \cos \gamma_1 = C_0, \quad (24)$$

где $A_0 = \sin \alpha_{1\Sigma} + \sin \alpha_1 - \frac{Q_1}{R_{1\Sigma}}$;

$B_0 = \cos \alpha_{1\Sigma} - \cos \alpha_1$;

$$C_0 = f_{01} \sin(\alpha_{1\Sigma} + \alpha_1) - f_{01} \frac{Q_1}{R_{1\Sigma}} \cos \alpha_1. \quad (25)$$

где

$$\cos \beta_{i,j}^{(2)} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (b_2 + r_2)^2} / \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_{i,j}^{(1)} - Y_{i,j}^{(2)})^2 + (b_2 + r_2)^2}, \quad (21)$$

из (19) находим:

$$K_{i,j}^{(1)} = K_{i,j} \mu + 2(f_{01}R_1 / nm \cos \beta_{i,j}^{(2)}), \quad (22)$$

где $\mu = \cos \beta_{i,j}^{(1)} / \cos \beta_{i,j}^{(2)}$.

Величины $\beta_{i,j}^{(1)}$ и $\beta_{i,j}^{(2)}$ в (20) и (21) представляют собой углы между векторами соответствующих натяжений $\bar{K}_{i,j}$, $\bar{K}_{i,j}^{(1)}$ и плоскостью ZOХ [1, рис.1]. Входящая в (21) ордината $Y_{i,j}^{(2)}$ рассчитывается по формуле [1 (7)].

Для того, чтобы определить величину реакции R_1 верхнего входного валика, необходимую для расчета по формуле (22), спроектируем силовой многоугольник (рис. 3-б) на оси [1] координат. С учетом (17) получаем

Решая уравнение (24) методом дополнительного угла относительно γ_1 , получаем

$$\gamma_1 = \arcsin C_0 / \sqrt{A_0^2 + B_0^2} - \arctg(B_0 / A_0). \quad (26)$$

Из первого уравнения системы (23) находим

$$R_1 = R_{1\Sigma} (\cos \alpha_{1\Sigma} - \cos \alpha_1) / (f_{01} \cos \alpha_1 - \sin \gamma_1). \quad (27)$$

Определим постоянный для всех нитей угол α_1 (рис. 2-а):

ВЫВОДЫ

Предложена методика расчета натяжения проволок в зоне сматывания с катушек тороидального шпулярика и после входных валиков 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. Киреева А.И., Перескокова В.Ф., Спиридонов Г.П. Металлоткачество. – Л.: Госэнергоиздат, 1957.

3. Маховер В.Л. Натяжение нитей основы на стойках шлихтовальных машин. – Ярославль: Верхне-Волжск. кн. изд-во, 1977.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 01.10.04.
