

УДК 677.017.4.072.6.074

**НАТЯЖЕНИЕ НИТИ НА НОВОМ КРУТИЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ**

Ю.К. БАРХОТКИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

В [1] приведена конструкция и принцип работы нового крутильного устройства, позволяющего значительно повысить производительность кольцевых прядильных и крутильных машин, а также улучшить качество вырабатываемого продукта – получить пряжу, обладающую особыми параметрами, так называемую "раскатанную" пряжу.

Очевидно, что параметры пряжи зависят от возможности регулировки и настройки крутильного механизма, а скоростные возможности кольцевой машины – от степени надежности и устойчивости ра-

боты устройства. Для оценки устойчивости и надежности устройства, а также возможностей регулировки и настройки необходимо знать характер изменения натяжения нити (пряжи) при работе устройства.

Использовать методики расчета натяжения нити кольцевой машины в полной мере как широко известную, так и предложенную нами в [2...4] для нового устройства нельзя. Вследствие этого предлагается методика расчета основных параметров нового крутильного устройства.

Рассмотрим первоначально условие качения бегунка.

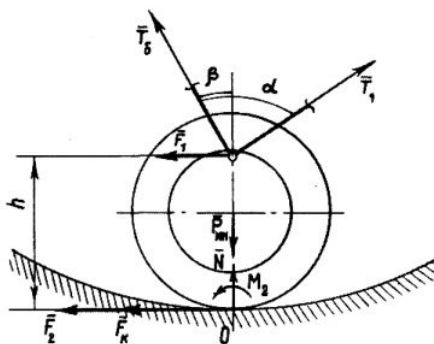


Рис. 1

Момент, вращающий бегунок относительно точки О (рис.1), будет равен

$$M_k = M_1 + M_2, \quad (1)$$

где  $M_1$  – момент от силы  $F_1$  трения скольжения нити о бегунок:

$$M_1 = (T_1 \cos \alpha + T_6 \cos \beta) \mu_{н-р} h. \quad (2)$$

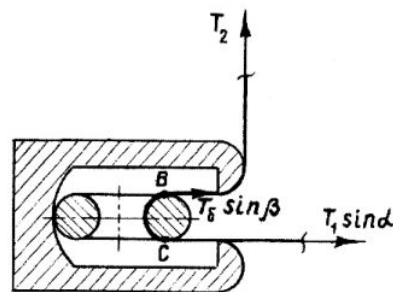


Рис. 2

Здесь  $T_1$  – натяжение нити в зоне бегунок – паковка (рис.2);  $T_6$  – натяжение нити в зоне бегунок – верхний бортик кольцевой камеры;  $\mu_{н-р}$  – коэффициент трения скольжения нити о бегунок;  $M_2$  – момент трения качения бегунка:

$$M_2 = f_k N, \quad (3)$$

$$N = m_p \omega^2 R - T_1 \sin \alpha - T_6 \sin \beta, \quad (4)$$

где  $N$  – сила прижима бегунка к беговой поверхности камеры;  $f_k$  – коэффициент трения качения бегунка о камеру;  $R$  – радиус кольцевой камеры (рис.3);  $r$  – радиус намотки пряжи на паковку;  $\omega$  – угловая скорость вращения паковки;  $m_p$  – масса ролика - бегунка.

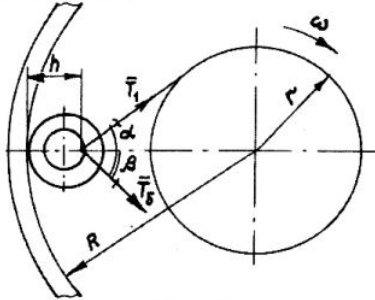


Рис. 3

Определим величину момента, который будет возникать относительно точки С при скольжении бегунка по кольцевой камере:

$$M_{ск} = (m_p \omega^2 R - T_1 \sin \alpha - T_6 \sin \beta) \mu_{p-к} h, \quad (5)$$

где  $F_2$  – сила трения скольжения бегунка о беговую дорожку камеры;  $\mu_{p-к}$  – коэффициент трения скольжения бегунка о беговую дорожку камеры.

Бегунок будет катиться, если  $M_{ск} > M_k$ . Тогда условие качения можно записать следующим образом:

$$(m_p \omega^2 R - T_1 \sin \alpha - T_6 \sin \beta) \mu_{p-к} h > (m_p \omega^2 R - T_1 \sin \alpha - T_6 \sin \beta) f_k + (T_1 \cos \alpha + T_6 \cos \beta) \mu_{н-р}. \quad (6)$$

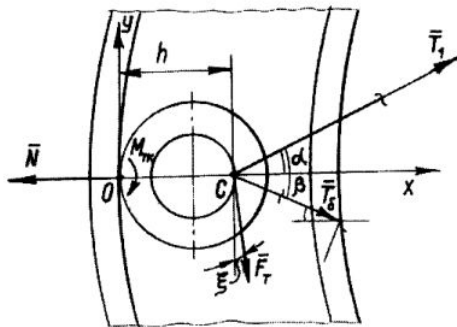


Рис. 4

Осуществим расчет натяжения нити. Рассмотрим динамическое равновесие

плоского движения ролика-бегунка. Сумма моментов всех сил относительно точки контакта (точка O), действующих на бегунок, будет равна (рис.4):

$$T_1 h \sin \alpha - T_6 h \sin \beta - F_T h \cos |\xi| - M_{тк} = 0. \quad (7)$$

Здесь  $F_T$  – сила трения нити о бегунок:

$$F_T = (T_1 \cos \alpha + T_6 \cos \beta) \mu_{н-р.п}; \quad (8)$$

$\mu_{н-р.п}$  – коэффициент трения нити о бегунок (поперек нити);  $\mu_{н-р}$  – коэффициент трения нити о бегунок (вдоль нити);  $\xi$  – угол, образованный силой трения нити о бегунок с осью OY (рис. 4) и равный  $\xi = |\alpha - \beta|$ .

Определим угол  $\alpha$  из условия  $\sin \alpha = \frac{r}{R}$ ,

а угол  $\beta$  из закона Амонта-Кулона и условия малости длины участка АВ (рис. 2). При этом будем полагать, что нить на этом участке касается верхнего бортика в точке А. Тогда

$$\beta = \arctg \mu_{н-бор},$$

где  $\mu_{н-бор}$  – коэффициент трения нити о верхний борт.

Поскольку нить при качении бегунка перемещается сквозь него, а сила  $T_1$  является ведущей, то согласно закону Эйлера получим

$$T_1 = T_6 e^{\gamma \mu_{н-р}}, \quad (9)$$

где  $T_6$  – натяжение нити на участке АВ;  $\gamma$  – угол охвата нитью бегунок ( $\gamma \approx \pi$ ).

Кроме того момент трения качения бегунка о камеру будет равен  $M_{тк} = f_k N$ . Величина плеча  $h = d - b$ , где  $d$  – диаметр бегунка;  $b$  – толщина бегунка.

Из условия равновесия проекций на ось OX (рис. 4) всех сил, действующих на бегунок, а также полагая  $\xi \approx 0$ , получаем

$$N = m \omega^2 R - T_1 \cos \alpha - T_6 \cos \beta. \quad (10)$$

Тогда с учетом  $\cos \xi \approx 1$  из уравнения (7) имеем

$$T_1 = \frac{m_p \omega^2 R f_k}{L}, \quad (11)$$

где

$$L = \frac{r}{R} (d-b) - \mu_{н-р.п} (d-b) \left( \cos \arcsin \frac{r}{R} + e^{-\gamma \mu_{н-р}} \cos \arctg \mu_{н-бор} \right) - \\ - (d-b) e^{-\gamma \mu_{н-р}} \sin \arctg \mu_{н-бор} + f_k \left( \cos \arcsin \frac{r}{R} + e^{-\gamma \mu_{н-р}} \cos \arctg \mu_{н-бор} \right).$$

Величину силы  $T_2$  можно определить по формуле Эйлера. Тогда

$$T_2 = T_1 e^{-(\gamma \mu_{н-р} + \xi \mu_{н-бор})}, \quad (12)$$

где  $\xi$  – угол охвата нитью верхнего бортика ( $\xi \approx \frac{\pi}{2}$ ).

Анализ формулы (11) показывает, что если предположить, что нить (пряжа), огибая бегунок (в точке С), не скручивается, а коэффициент трения нити о бегунок в поперечном направлении равен коэффициенту

трения в продольном направлении нити, то есть  $\mu_{н-р} = \mu_{н-р.п}$ , то  $T_1 = \infty$ .

Такое предположение не подтверждается практическими наблюдениями. Следовательно, при взаимодействии бегунка с нитью она раскручивается и сила  $F_T$  снижается практически до нуля. Расчеты также показывают, что величинами  $T_1 \cos \alpha$  и  $T_2 \cos \beta$  в формуле (10) можно пренебречь. Ошибка при этом не превысит 5%.

С учетом этого формулу (11) можно представить в виде:

$$T_1 = \frac{m_p \omega^2 R^2 f_k e^{\pi \mu_{н-р}}}{(d-b) \left( e^{\pi \mu_{н-р}} - R \sin \arctg \mu_{н-бор} \right)}. \quad (13)$$

Определим натяжение  $T_1$  и  $T_2$  для пряжи хлопчатобумажной № 40 (25 текс)  $\omega = 1256$  рад/с ( $n = 12000$  об/мин);  $m_p = 0,55 \cdot 10^{-3}$  кг;  $d = 3 \cdot 10^{-3}$  м;  $b = 10^{-3}$  м;  $f_k = 5 \cdot 10^{-5}$  м;  $R = 0,02$  м;  $\mu_{н-р} = 0,3$ ; при пустой паковке  $r = 0,009$  м; при полной паковке  $r = 0,018$  м. После расчетов получим: при пустой паковке  $T_1 = 128$  сН;  $T_2 = 31$  сН, а при полной паковке  $T_1 = 55$  сН;  $T_2 = 13$  сН. Таким образом, натяжение нити в ветви бегунок – паковка будет изменяться в пределах  $55 \div 128$  сН, а натяжение нити в баллоне (вертикальная составляющая) будет в пределах  $13 \div 31$  сН.

Определим устойчивость (возможность существования) баллона по условию

$T > 727 \cdot 10^{-4} m_0 \omega^2 H_{\max}^2$ , предложенному в [2], где  $m_0$  – масса единицы длины нити;  $H_{\max}$  – максимальная высота баллона.

Для хлопчатобумажной пряжи № 40  $m_0 = 25 \cdot 10^{-6}$  кг/м; при пустом початке на кольцевой машине П-76-5М величина  $H_{\max} = 0,24$  м, при полном початке  $H_{\max} = 0,21$  м. В этом случае для пустого початка получим  $0,31 > 0,165$ , а для полного  $0,13 > 0,126$ . Таким образом, баллон будет устойчив и при пустой, и при полной паковке.

Кроме того, используя формулы (12) и (13), а также (17), предложенную в [2], можно аналитически определить минимально необходимую массу бегунка  $m_{p \min}$ :

$$m_{p \min} = \frac{m_0 H_{\max}^2 (d-b) \left( r_{\max} e^{\pi \mu_{н-р}} - R \sin \operatorname{arctg} \mu_{н-бор} \right) e^{0,5 \pi \mu_{н-бор}}}{\left[ \sqrt{2(e-1)} + \sqrt{2(e^{1-2R/L} - 1)} \right]^2 R^2 f_k} \quad (14)$$

## ВЫВОДЫ

Расчеты подтверждают, что новое крутильное устройство при минимально-необходимом натяжении нити в баллоне создает повышенное натяжение в зоне бегунок – паковка, что позволяет увеличить плотность получаемой паковки и дополнительно повысить производительность кольцевой машины за счет уменьшения количества съемов. Причем, малое натяжение нити в баллоне и в зоне выпускной цилиндр – направляющий крючок, где нить (пряжа) еще не полностью скручена, способствует снижению обрывности, что и наблюдается при работе нового крутильного устройства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бархоткин Ю.К., Павлов Ю.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, № 1. С. 29...32.
2. Бархоткин Ю.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 6. С.39...42.
3. Бархоткин Ю.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 1. С.44...47.
4. Бархоткин Ю.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 2. С.38...40.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 06.02.04.