

ВЛИЯНИЕ МАССЫ БЕГУНКА НА НАТЯЖЕНИЕ НИТИ НА КОЛЬЦЕВОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЕ

Ю.К. БАРХОТКИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Анализ движения нити на кольцевой машине показывает, что если бы нить была прикреплена к бегунку, то ее натяжение в баллоне определялось бы в основном силой инерции нити, а натяжение нити в зоне бегунок-паковка – силой трения бегунка о кольцо, причем оба натяжения были бы совершенно независимыми. Если бы силы трения нити о бегунок не было, то оба натяжения были бы равны и определялись бы силой трения бегунка о кольцо (при условии существования баллона [1]).

Наличие трения нити о дужку бегунка при движении нити сквозь бегунок приводит к увеличению натяжения нити в ветви бегунок-паковка, так как эта ветвь является ведущей. Экспериментальные исследования показывают, что в случае плоского бегунка с высокой степенью достоверности взаимодействие нити с дужкой бегунка можно изобразить с помощью следующей схемы (рис. 1).

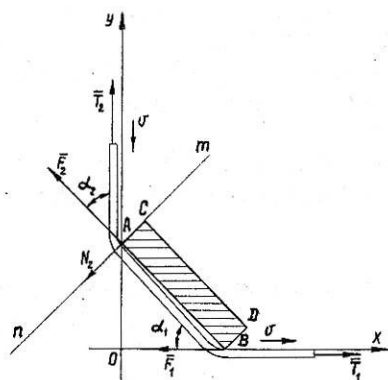


Рис. 1

Представим сечение дужки бегунка прямоугольником ABCD. Поскольку нить имеет некоторую величину изгибной жесткости, то огибание углов дужки бегунка (точки A и B) будет происходить согласно данной схеме, а трение нити о дужку бегунка будет определяться трением нити о два ребра (точки A и B). Трение нити о

плоскость AB будет отсутствовать вследствие небольшого отклонения нити от плоскости AB.

Определим $T_1 = f(T_2)$, считая угол между нитью в нижней части баллона и ветвью бегунок-паковка, равным 90° , а угол $\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ$. Тогда согласно принятой схеме силы нормального давления N_1 и N_2 будут направлены перпендикулярно нити в точке контакта с дужкой бегунка, а силы трения F_1 и F_2 – против движения нити и параллельно ее оси.

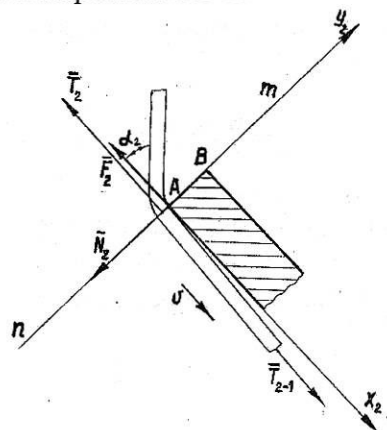


Рис. 2

Рассмотрим равновесие нити в точке A (рис. 2). Введем оси координат $X_2A Y_2$. Заметим, что усилие прижима нити к ребру A, равное силе нормального давления \bar{N}_2 , будет определяться только силой \bar{T}_2 , направленной вдоль оси OY (рис. 1), то есть

$$N_2 = T_2 \sin \alpha : \quad (1)$$

Однако, рассматривая равновесие нити в сечении mp, усилие \bar{T}_2 вследствие изгиба нити изменит свое направление и будет направлено вдоль оси X_2A (рис. 2).

Тогда

$$T_{2-1} = T_2 + F_2. \quad (2)$$

Примем $F_2 = N_2 \mu_{н-б}$, где $\mu_{н-б}$ – коэффициент трения нити о ребро бегунка. В этом случае с учетом (1) и (2):

$$T_{2-1} = T_2 (1 + \mu_{н-б} \sin \alpha_2). \quad (3)$$

Аналогичным образом, рассматривая равновесие нити в точке В, получаем

$$T_1 = T_{1-2} (1 + \mu_{н-б} \sin \alpha_1). \quad (4)$$

Так как $\alpha_1 = \alpha_2$, $T_{1-2} = T_{2-1}$, то

$$T_1 = T_2 (1 + 0,7 \mu_{н-б})^2. \quad (5)$$

Следует сказать, что для случая, когда сечение дужки бегунка представляет собой окружность, радиус кривизны которой больше радиуса кривизны изгиба нити, связь T_1 и T_2 будет определяться формулой Эйлера, то есть

$$T_1 = T_2 e^{\gamma \mu_{н-б}} \quad (6)$$

где γ – угол охвата нитью круглой дужки бегунка ($\gamma \cong 90^\circ$).

Далее рассмотрим влияние бегунка на натяжение нити. Будем считать силу сопротивления воздуха о бегунок, равной нулю, а скорость движения бегунка по кольцу постоянной. Мгновенно остановим бегунок и рассмотрим его динамическое равновесие.

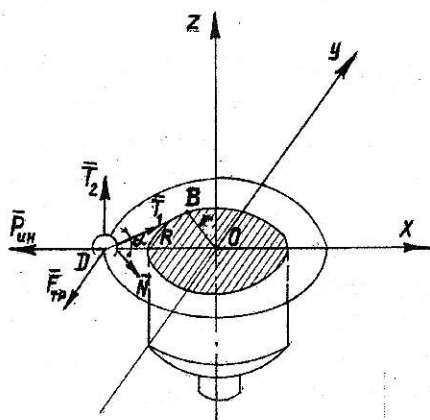


Рис. 3

Если бегунок представить материальной точкой (рис. 3), то на него (точка D) будут действовать следующие активные силы: T_1 , T_2 , $P_{ин}$ и $F_{тр}$ (силой веса бегунка будем пренебрегать) и реактивная сила N .

Для определения характера реактивной силы рассмотрим бегунок как тело, имеющее определенные размеры. Исследования, проведенные под микроскопом, показали, что бегунок после некоторого времени работы имеет постоянный и характерный профиль износа. Совмещая бегунок с профилем кольца по поверхности износа, можно определить положение бегунка при его работе.

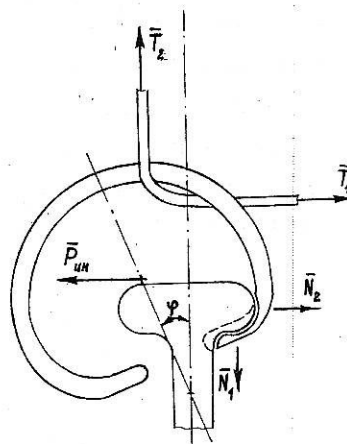


Рис. 4

На рис. 4 приведено увеличенное плоское изображение совмещения бегунка с профилем кольца по линии износа. Такое совмещение, а также абсолютное отсутствие износа на одной из ножек бегунка показывает, что бегунок при движении по кольцу имеет некоторый угол наклона от вертикали φ в направлении силы инерции, а касание бегунка с кольцом осуществляется только по внутренней поверхности кольца. Причем изгиб линии износа бегунка составляет примерно 90° . Поскольку согласно закону Амонтона-Кулона сила трения не зависит от площади соприкосновения трущихся тел, а только от силы нормального давления и от коэффициента трения, то сила трения бегунка о кольцо будет равна сумме двух сил трения: от горизонтального и от вертикального участков: $F_{тр} = F_1 + F_2$.

Сила трения на горизонтальном участке: $F_1 = T_2 \mu_{б-к}$; на вертикальном участке: $F_2 = P_{ин} \mu_{б-к}$ (натяжение T_1 нити не изменит силу прижима бегунка к кольцу, а, создавая с $P_{ин}$ пару сил, будет стремиться уменьшить угол отклонения бегунка от вертикали φ).

Таким образом, сила трения бегунка по кольцу будет определяться следующим выражением:

$$F_{тр} = (T_2 + P_{ин}) \mu_{б-к}, \quad (7)$$

где $P_{ин} = m_б \omega^2 R$ – сила инерции бегунка [Н]; $m_б$ – масса бегунка [кг]; ω – угловая скорость движения бегунка по кольцу [c^{-1}]; R – радиус кольца [м]; $\mu_{б-к}$ – коэффициент трения бегунка по кольцу.

При проецировании всех сил, действующих на бегунок, на ось ОУ (рис. 3) получим

$$F_{тр} = T_1 \sin \alpha, \quad (8)$$

$$\frac{m_б \omega^2 R^2}{\frac{r_{max} (1 + 0,7 \mu_{н-б})^2}{\mu_{б-к}} - R} > \frac{m_о \omega^2 H_{max}^2}{(\sqrt{2(e-1)} + \sqrt{2(e^{1-R/b} - 1)})^2}. \quad (11)$$

Исходя из этого условия найдем минимально необходимую массу бегунка:

$$m_{бmin} = \frac{m_о H_{max}^2 \left[\frac{r_{max} (1 + 0,7 \mu_{н-б})^2}{\mu_{б-к}} - R \right]}{R^2 \left[\sqrt{2(e-1)} + \sqrt{2(e^{1-R/b} - 1)} \right]^2}, \quad (12)$$

где H_{max} – максимальная высота баллона, соответствующая нижней точке наработки полного "гнезда"; r_{max} – максимальный радиус намотки полного "гнезда".

Для бегунков с круглым поперечным сечением формула (12) принимает вид

где α – угол между ветвью нити в зоне бегунок-паковка и осью ОХ, равный

$$\alpha = \arcsin \frac{r}{R};$$

r – радиус намотки нити на паковке [м].

Тогда с учетом (5), (7) и (8) получим выражение для силы T_1 в виде

$$T_1 = \frac{m_б \omega^2 R}{\frac{r}{R \mu_{б-к}} - \frac{1}{(1 + 0,7 \mu_{н-б})^2}}. \quad (9)$$

Зная величину T_1 , определим вертикальную составляющую натяжения нити в баллоне $T_2 = T_x = T$ [1] по формуле:

$$T_2 = \frac{T_1}{(1 + 0,7 \mu_{н-б})^2}. \quad (10)$$

Таким образом, с учетом (17), полученной в [1], вычислим условие приемлемости существования баллона на кольцевой прядильной машине:

$$m_{бmin} = \frac{m_о H_{max}^2 \left(\frac{r_{max} e^{\frac{\pi}{2} \mu_{н-б}}}{\mu_{б-к}} - R \right)}{R^2 [\sqrt{2(e-1)} + \sqrt{2(e^{1-R/b} - 1)}]^2}. \quad (13)$$

Анализ формул (12) и (13) показывает, что при постоянных параметрах крутильного механизма кольцевой машины увеличение массы бегунка приводит к уменьшению максимального радиуса баллона. Кроме того, формулы (12) и (13), а также (9) и (10) показывают, что снижение коэффициента трения между бегунком и кольцом приводит к увеличению необходимой для устойчивой работы баллона массы бегунка, что увеличивает натяжение нити в

баллоне и, следовательно, может привести к повышению обрывности нити.

Увеличение линейной плотности нити (текс), высоты баллона (паковки) и радиуса кольца (паковки) также приводит к необходимости увеличения массы бегунка и увеличению натяжения нити в баллоне.

Заметим, что если бегунок еще не приработался, то есть не имеет износа (рис. 4), то он находит такое положение в пространстве относительно профиля кольца, когда (7) примет вид:

$$F_{тр} = \sqrt{T_2^2 + P_{ин}^2} \mu_{б-к}. \quad (14)$$

Тогда после несложных преобразований (9) запишется так:

$$T_1 = \frac{m_б \omega^2 R}{\sqrt{\frac{r^2}{R^2 \mu_{б-к}^2} - \frac{1}{(1 + 0,7 \mu_{н-б})^4}}}. \quad (15)$$

Анализ формулы (15) показывает, что новый (неприработанный) бегунок создает меньшее натяжение нити и в баллоне, и в зоне бегунок-паковка. Таким образом, для нового бегунка необходимая масса должна быть немного больше (на 10...15%) и определяться по следующей формуле для плоского сечения:

$$m_{б \min(\text{нов})} = \frac{m_о H_{\max}^2 \sqrt{\frac{r_{\max}^2 (1 + 0,7 \mu_{н-б})^4}{(\mu_{б-к})^2} - R^2}}{R^2 [\sqrt{2(e-1)} + \sqrt{2(e^{1-R/b} - 1)}]^2} \quad (16)$$

и для бегунка с круглым поперечным сечением:

$$m_{б \min(\text{нов})} = \frac{m_о H_{\max}^2 \sqrt{\frac{r_{\max}^2 \left(e^{\frac{\pi}{2} \mu_{н-б}} \right)^2}{(\mu_{б-к})^2} - R^2}}{R^2 [\sqrt{2(e-1)} + \sqrt{2(e^{1-R/b} - 1)}]^2}. \quad (17)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Бархоткин Ю.К. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2002, №6. С.39...43.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 18.10.02.