

УДК 677.052.095

**О ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ  
В ПАРЕ БЕГУНОК–КОЛЬЦО НА ТРЕНИЕ КАЧЕНИЯ**

*Г.К. КУЗНЕЦОВ, В.В. КУРКОВ, С.Н. ТИТОВ*

(Костромской государственной технологической университет)

В настоящее время не оспаривается то, что в кольцевом прядении достигнут скоростной предел [1], [2]. Основными препятствиями для повышения скорости являются увеличение натяжения и рывки пряжи, приводящие к недопустимой обрывности, нежелательный перегрев трущихся деталей, износ бегунка и кольца [3].

Считается, что все перечисленные препятствия являются производными трения скольжения в паре кольцо – бегунок. Имеются немногочисленные предложения замены трения скольжения в этой паре на трение качения [4], [5]. К сожалению, все попытки осуществить такую замену пока были неудачными. В данной статье описываются предложения таких схем, которые, с нашей точки зрения, могут получить перспективы для использования в практике [6] (автор предложений [7] – В.В. Курков).

Напомним схему классического анализа узла нить – бегунок – кольцо [3], [8]. На основе этой методики рассматриваются все предлагаемые варианты бегунков, проводятся их силовой анализ и сравнение с классическим способом.

В общепринятой схеме бегунок рассматривается как материальная точка, находящаяся под действием центробежной силы  $C$ , натяжения пряжи  $T$  и  $P$ , реакций кольца  $R_x$  и  $R_z$  (рис. 1). Кроме того, действует сила сопротивления движению бегунка  $F$ , которая является силой трения скольжения бегунка по кольцу:  $F = f(R_x + R_z)$ .

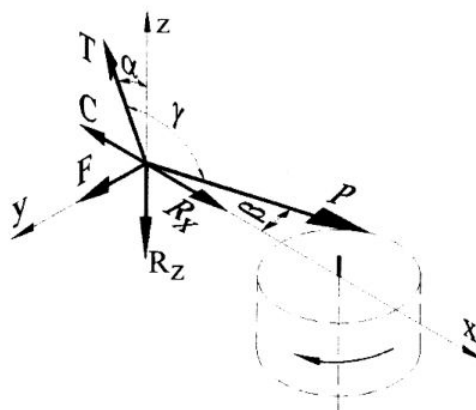


Рис. 1

Силы натяжения пряжи  $T$  и  $P$  связаны друг с другом на основании уравнения Эйлера:  $P = Te^{\mu l}$ . Здесь и далее  $f$  – коэффициент трения скольжения бегунка по кольцу,  $\mu$  – коэффициент трения скольжения нити о бегунок.

При допущениях, принятых в [3] и [8], составляются уравнения динамического равновесия бегунка для стационарного движения в проекциях на оси (правой или левой, в зависимости от направления вращения веретена) Декартовой системы координат (рис. 1):

$$\begin{aligned} \sum X &= P \cos \beta + R_x - C - T \sin \alpha = 0, \\ \sum Y &= F - P \sin \beta = 0, \\ \sum Z &= T \cos \alpha - R_z = 0. \end{aligned}$$

При решении этих уравнений совместно с равенством для силы трения и формулой Эйлера получается выражение для усилия наматывания:

$$P = \frac{C}{\frac{\sin \beta}{f} + \cos \beta - \frac{\sin \alpha + \cos \alpha}{e^{\mu \gamma}}}$$

Сила сопротивления движению бегунка  $F$  определяется как через реакции кольца  $F = f(R_x + R_z)$ , так и из выражения суммы проекций на ось  $y$ :  $F = P \sin \beta$ .

Рассмотрим три варианта бегунков, катящихся по кольцу (рис. 2 – 1-го варианта; рис. 3 – 2-го; рис. 4 – 3-го). Анализ механики узла проводим аналогично вышеприведенному. Для каждого варианта определяем силу сопротивления движению бегунка, которую затем подставляем в уравнения его движения и снова определяем усилие наматывания. Для 3-го варианта вместо бегунка в качестве материальной точки принимаем элемент нити, движущийся по кольцу.

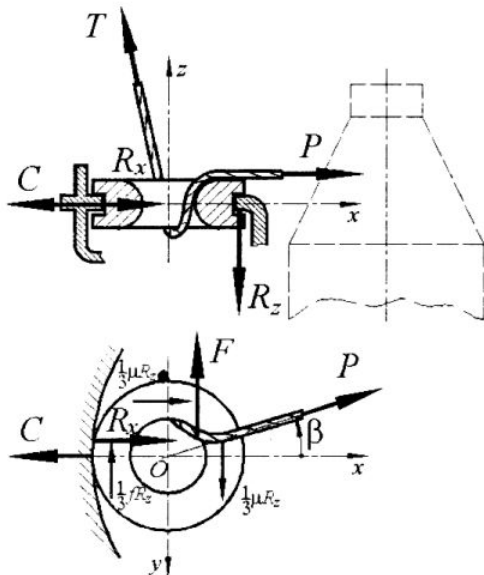


Рис. 2

Вариант 1 (рис. 2). Бегунок представляет собой кольцо прямоугольного сечения со скругленными кромками и пазом, в который входят направляющие выступы наружного и внутреннего колец. Сила, движущая бегунок, действует со стороны нити, проходящей через отверстие бегунка. Она равна и противоположно направлена силе сопротивления движению бегунка  $F$ . Величина этой силы определяется из равновесия моментов, действующих на катящийся по кольцу бегунок.

В качестве сопротивлений движению бегунка выступают момент от трения качения  $kR_x$ , момент от силы трения бегунка о кольцо  $\frac{1}{3}fR_z b$  и два момента от сил трения нити о бегунок  $\frac{2}{3}\mu R_z b$ . Здесь и далее

$a$  и  $b$  – плечи действия сил трения;  $k$  – коэффициент трения качения.

Полагая, что сила реакции  $R_z$ , вызывающая трение, распределяется по трем площадкам контакта на равные составляющие  $\frac{1}{3}R_z$ , запишем уравнение моментов, действующих на бегунок:

$$\sum M_0 = R_x k + \frac{1}{3}fR_z b + \frac{2}{3}\mu R_z b - Fa = 0,$$

решив которое относительно силы сопротивления  $F$ , получим

$$F = \frac{R_x k + \frac{1}{3}fR_z b + \frac{2}{3}\mu R_z b}{a}$$

Подставив решение в систему уравнений равновесия бегунка, получим выражение для усилия наматывания:

$$P = \frac{C}{\frac{a}{k} \sin \beta + \cos \beta - \frac{1}{e^{\mu \gamma}} \left[ \sin \alpha + \frac{(f + 2\mu)b \cos \alpha}{3k} \right]}$$

Подробности конструкции узла описаны в авторских свидетельствах. Плечи действия сил на бегунок приняты приближенно.

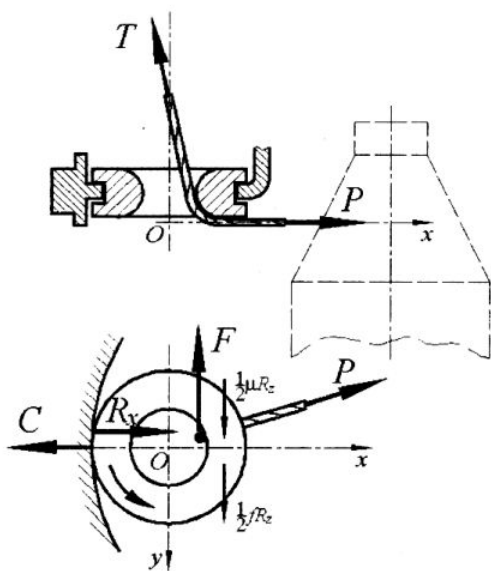


Рис. 3

Вариант 2 (рис. 3). В этом случае крепление внутреннего кольца на колпаке позволяет до минимума снизить угол охвата бегунка нитью. В остальном конструкция аналогична первому варианту.

Рассматривая движение бегунка, в качестве сопротивлений будем иметь момент трения качения  $R_x k$ , момент трения бегунка о кольцо  $\frac{1}{2} f R_z b$  и момент трения нити о бегунок  $\frac{1}{2} \mu R_z b$ .

Здесь реакция  $R_z$  раскладывается на две равные составляющие в соответствии с количеством площадок трения скольжения. Тогда сумма моментов, действующих на бегунок, будет

$$\sum M_0 = R_x k + \frac{1}{2} f R_z b + \frac{1}{2} \mu R_z b - F a = 0.$$

Величина силы сопротивления:

$$F = \frac{R_x k + \frac{1}{2} f R_z b + \frac{1}{2} \mu R_z b}{a}.$$

После подстановки в уравнения равновесия бегунка получим

$$P = \frac{C}{\frac{a}{k} \sin \beta + \cos \beta - \frac{1}{e^{\mu \gamma}} \left[ \sin \alpha + \frac{(f + \mu) b \cos \alpha}{2k} \right]}.$$

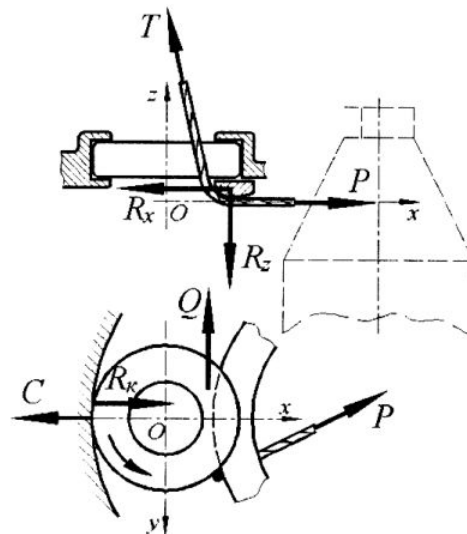


Рис. 4

Вариант 3 (рис. 4). Здесь бегунок, не обязательно имеющий отверстие, движется за счет действия нити на его наружную поверхность. В этом случае в равновесии рассматривается не бегунок, а элемент нити на кольце, массой которого можно пренебречь.

В уравнение равновесия не входит сила инерции, но входят сопротивление трения нити о кольцо  $F$  и сила сопротивления движению бегунка  $Q$ :

$$\begin{aligned} \sum X &= P \cos \beta - R_x - T \sin \alpha = 0, \\ \sum Y &= F - P \sin \beta + Q = 0, \\ \sum Z &= T \cos \alpha - R_z = 0. \end{aligned}$$

Сила трения нити о кольцо равна

$$F = \mu (R_x + R_z).$$

Сила сопротивления движению бегунка (пренебрегая трением скольжения о кольцо) будет равна (рис. 4):

$$Q = C \frac{k}{a}$$

Тогда для усилия наматывания получаем

$$P = \frac{Ck}{a \left[ \sin \beta - \mu \cos \beta + \frac{\mu}{e^{\mu \gamma}} (\sin \alpha - \cos \alpha) \right]}$$

Сравнение полученных результатов по усилию наматывания и силе сопротивления дано в табл. 1 (для углов  $\beta$  30 и 60°).

Таблица 1

Вариант	Усилие наматывания P и сила сопротивления F в долях центробежной силы бегунка C для угла $\beta$ :			
	30°		60°	
	P	F	P	F
Классический	0,195C	0,0975C	0,118C	0,102C
1	0,04C	0,02C	0,015C	0,013C
2	0,029C	0,014C	0,012C	0,0105C
3	0,021C	0,0105C	0,011C	0,0095C

Сравнительные испытания, проведенные независимо на фабрике "Красный суконщик" и в ОАО "ЦНИИШерсти", показали, что в предлагаемых узлах практически отсутствует износ бегунка и кольца; не возникает высоких температур и рывков, что в несколько раз увеличивает срок службы катящегося бегунка по сравнению с классическим скользящим.

Срок службы бегунка оценивался по моменту необходимости его замены из-за резкого роста обрывности, обусловленной износом. Следует отметить, что критического роста обрывности у нового бегунка на данном этапе испытаний достигнуто не было.



Рис. 5

Результаты испытаний представлены на рис. 5 в форме зависимости обрывности (в пересчете на количество обрывов на

1000 веретен/ч) от времени эксплуатации; кривая 1 – классическая пара кольцо – бегунок; 2 – пара с катящимся бегунком (вариант 3).

Показатели качества пряжи, выработанной на классическом и новом узлах, сведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование показателя	Показатели качества пряжи, полученной на	
	классическом узле	новом узле
Линейная плотность, текс	12,5	12,45
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	1,12	1,12
Разрывная нагрузка, сН	770	780
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	9,2	9,4
Разрывное удлинение, %	21,3	21,4
Коэффициент вариации по разрывному удлинению, %	10,7	10,7

При испытаниях замечено, что для достижения равных плотностей початка требуется снижение массы нового бегунка по сравнению с классическим на 10...15 %.

## ВЫВОДЫ

1. Теоретические исследования и производственные испытания показывают, что предложенные схемы катящегося бегунка имеют право на существование.

2. Для возможности широкого применения предложений необходимы серьезные испытания узлов и их глубокая конструкторская проработка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Корякин Л.Б., Гинзбург Л.Н.* Прядение льна и химических волокон: Справочник. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

2. Прядение хлопка и химических волокон // И.Г. Борзунов, К.И. Бадалов и др. – М.: Легпромбытиздат, 1986.

3. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Моделирование технологических процессов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

4. Патент Германии № 436164, нац. кл. 76с, 6/0, 1926.

5. Патент США № 3866404, МКИ D 01, h 7152–62, 1974.

6. *Курков В.В., Лабок В.Г.* // Текстильная промышленность. – 2000, № 3, С. 45...46.

7. Патент СССР № 1804505, МКИ D 01, h 7152–62, 1991.

8. *Каган В.М.* Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 30.09.03