

ФОРМА И НАТЯЖЕНИЕ БАЛЛОНИРУЮЩЕЙ НИТИ НА КОЛЬЦЕВОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЕ*

Ю.К. БАРХОТКИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Эффективность работы кольцевой прядильной машины зависит от частоты вращения веретен и от уровня обрывности нити. Определяющим фактором обрывности является ее натяжение в момент кручения, когда нить находится в свободном состоянии.

Известные исследования стационарного движения баллонирующей нити не дают полного аналитического решения задачи. Для определения формы кривой баллона в численном выражении необходимо произвести замеры некоторых параметров самого баллона, что существенно усложняет вопросы проектирования новых узлов кручения.

В [1] из уравнения кривой баллона $y = \frac{r}{\sin ah} \sin ax$ получена формула натяжения нити в баллоне [2, с.471] и [3, с.204]. Однако эта зависимость не дает ответа на вопрос, как влияют масса и трение бегунка на форму и натяжение нити в баллоне.

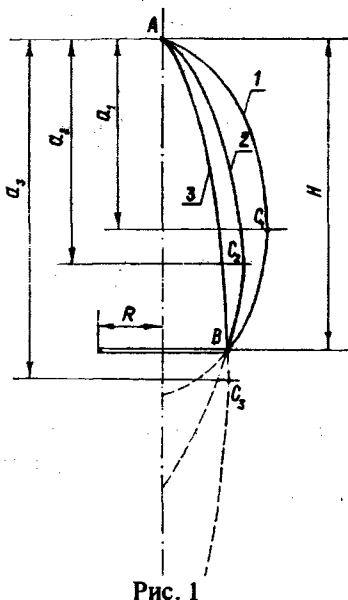


Рис. 1

Практика показывает, что изменение массы бегунка при прочих постоянных параметрах приводит к изменению формы баллона. На рис. 1 приведена форма кривой баллона при трех различных массах бегунка. Так, кривая 1 представляет форму кривой баллона при минимально возможной массе бегунка; кривая 2 – при средней, а кривая 3 – при большой массе бегунка. Также на рис. 1 пунктирными линиями отмечены продолжения кривых баллона, построенные теоретически на основании закона симметрии при условии отсутствия влияния силы сопротивления воздуха и силы веса нити в баллоне.

Из рис. 1 видно, что если $H = \text{const}$, $\omega = \text{const}$, $m_0 = \text{const}$, $R = \text{const}$, изменение массы бегунка приводит к изменению параметра a , где a – расстояние от верхней точки баллона до основания перпендикуляра, опущенного из точки кривой баллона, соответствующей вертикальному участку, на ось вращения баллона. Следует заметить, что даже при рассмотрении динамики только переносного вращательного движения нельзя считать нить прикрепленной к бегунку, а удержание нити в точке В обеспечивается не связью (бегунком), а силой, образованной сопротивлением движения бегунка по кольцу.

Таким образом, длина нити в баллоне (при $H = \text{const}$) может меняться, а баллон, самоустанавливаясь, принимает форму, параметры которой при прочих постоянных условиях зависят от натяжения нити в нижней части баллона и от массы бегунка. Следовательно, увеличение массы бегунка приводит к увеличению параметра a (назовем его для краткости высотой полубалло-

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Ю.В.Павлова.

на) и в случае, когда $a > H$, баллон будет иметь явную "острую" форму.

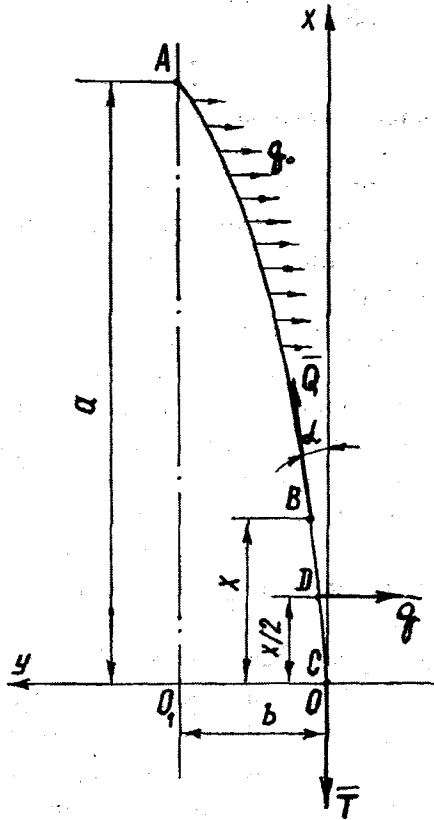


Рис. 2

Определим аналитическую зависимость величины параметра a от величины натяжения нити в баллоне. Для этого рассмотрим динамическое равновесие половины формы баллона (рис. 2). В расчетах силой сопротивления воздуха, силой веса нити и силой Кориолиса пренебрегаем ввиду их малости [4].

При вращении нити AC вокруг оси AO_1 на нить будет действовать сила инерции, направленная перпендикулярно оси. Величину этой силы, действующую на единицу длины нити, определим по формуле

$$q_0 = m_0 \omega^2 r, \quad (1)$$

где m_0 – масса единицы длины нити, кг/м; ω – угловая скорость вращения баллона, c^{-1} ; r – расстояние от середины участка нити до оси баллона, м.

Рассмотрим динамическое равновесие бесконечно малого элемента баллона BC.

Натяжение в точке B будет равно \bar{Q} , в точке C – \bar{T} ; на участок BC действует сила инерции \bar{q} , приложенная в точке D – середине участка BC. Тогда в случае полой кривой баллона [5, с.93...95], приняв вместо длины дуги BC длину ее проекции, получим

$$q = q_0 x. \quad (2)$$

Введем систему координат с началом в точке O и спроецируем все силы на оси OX и OY. Тогда

$$\sum X = 0; \quad Q \cos \alpha - T = 0 \quad (3)$$

$$\sum Y = 0; \quad Q \sin \alpha - q_0 x = 0. \quad (4)$$

Определим радиус приложения силы q (точка D):

$$r_D = b - \frac{x}{2} \operatorname{tg} \alpha, \quad (5)$$

где b – максимальный радиус баллона, м.

Из (3...5) с учетом (1) после преобразований будем иметь

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m_0 \omega^2 b x}{T + \frac{1}{2} m_0 \omega^2 x^2}. \quad (6)$$

Величина $\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx}$. Тогда

$$dy = \frac{m_0 \omega^2 b x}{T + \frac{1}{2} m_0 \omega^2 x^2} dx. \quad (7)$$

После несложных преобразований проинтегрируем (7) и получим уравнение кривой баллона:

$$y = b \ln \left(1 + \frac{m_0 \omega^2 x^2}{2T} \right). \quad (8)$$

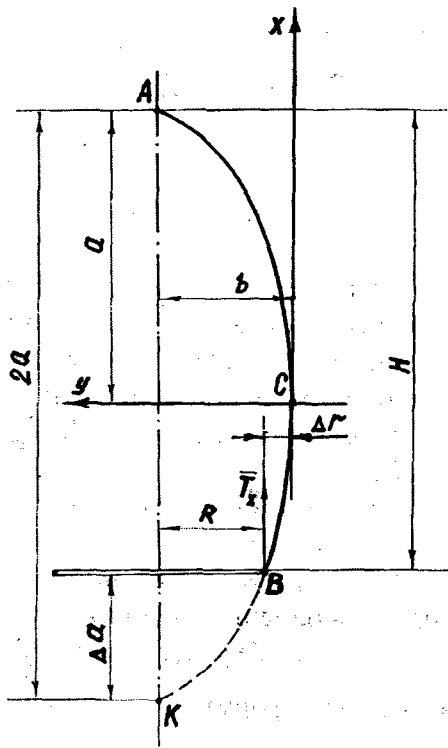


Рис. 3

Выражение (8) описывает всю форму баллона от точки А до точки К (рис. 3), где координаты точек кривой будут равны $x[a; -a]$; $y[0; b]$.

Анализ уравнения (8) показывает, что форма баллона зависит от натяжения $T = T_x$, создаваемого бегунком, а также от m_0 , ω и геометрии самого крутильного механизма, то есть от величин R и H . Таким образом, основными параметрами баллона будут: a – высота полубаллона и b – максимальный радиус баллона.

Определим параметр a . Решив (8) для точки А при условии $x = a$; $y = b$, после преобразований получим

$$a = \sqrt{\frac{2(e-1)T}{m_0\omega^2}}. \quad (9)$$

Найдем параметр b , решив уравнение (8) с использованием известных координат точки В (рис.3). Подставим в (8) $x = H - a$ и для упрощения обозначим

$$\ln\left(1 + \frac{m_0\omega^2}{2T}(H-a)^2\right) = K. \quad (10)$$

Тогда (8) получим в виде

$$y = bK. \quad (11)$$

Для точки В ордината $y = \Delta r$. Следовательно,

$$\Delta r = bK. \quad (12)$$

Величину b можно записать следующим образом:

$$b = R + \Delta r, \quad (13)$$

где R – радиус кольца.

После преобразований имеем

$$\Delta r = R \frac{K}{1-K}. \quad (14)$$

В этом случае максимальный радиус баллона $b = \Delta r + R$ определится следующим образом:

$$b = \frac{R}{1-K}. \quad (15)$$

Следует иметь в виду, что в случае "острого" баллона (при $a > H$) определенный по формуле (15) с учетом (9) и (10) максимальный радиус баллона будет ниже плоскости кольца (рис. 1).

Кроме того, натяжение нити в баллоне, создаваемое бегунком, будет определять и возможность существования самого баллона. Из рис. 3 видно, что, если $2a < H$, то баллон существовать не может. Данная ситуация имеет место при малой массе бегунка. Таким образом, натяжение нити, необходимое для существования баллона, при сложившейся геометрии крутильного механизма (величин H и R) можно определить из условия $a > 0,5H$ и с учетом (9) записать следующее:

$$T > 727 \cdot 10^{-4} m_0 \omega^2 H_{\max}^2, \quad (16)$$

где H_{\max} – максимально возможное расстояние от направляющего крючка до плоскости кольца.

Однако из рис. 3 видно, что при $T = 727 \cdot 10^{-4} m_0 \omega^2 H_{\max}^2$ максимальный радиус баллона $b = \infty$. Также очевидно, что приемлемыми условиями работы баллона будет допустимое увеличение b в пределах расстояния между баллоноразделительными пластинами. Поэтому условием приемлемости будет выражение $a > 0,5(H + \Delta a)$.

После несложных преобразований формул (9), (10) и (15) получим следующее условие обеспечения приемлемости существования баллона:

$$T > \frac{m_0 \omega^2 H_{\max}^2}{[\sqrt{2(e-1)} + \sqrt{2(e^{\frac{1-R}{b}} - 1)}]^2} \quad (17)$$

Необходимо отметить, что, зная проекцию натяжения $T_x = T$, создаваемую бегунком, можно определить натяжение нити в любой точке баллона по формуле, полученной из (3):

$$Q = \frac{T_x}{\cos \alpha}, \quad (18)$$

где α – угол наклона нити к оси OX (рис. 1) в исследуемой точке.

Определим угол α из условия $\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx}$. Продифференцировав уравнение кривой баллона (8) с учетом (18), получим

$$Q = \frac{T_x}{\cos \operatorname{arctg} \left(\frac{2(e-1)bx}{a^2 + (e-1)x^2} \right)}. \quad (19)$$

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что форму баллонирующей нити можно описать с помощью логарифмической кривой, а натяжение нити в баллоне нельзя определить аналитически без рассмотрения динамического равновесия бегунка.

2. Критерием существования баллона можно считать условие (16), а критерием приемлемости работы баллона – условие (17); при выполнении условия $a > H$ или $T_x > 291 \cdot 10^{-3} m_0 \omega^2 H^2$ баллон будет иметь явную "острую" форму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов Н.Т. Прядение хлопка. – М.: Гизлегпром, 1951.
2. Зотиков В.Е., Будников И.В., Трыков П.П. Основы прядения волокнистых материалов. – М.: Гизлегпром, 1959.
3. Павлов Ю.В. и др. Теория процессов, технология и оборудование прядения хлопка и химических волокон. – Иваново: ИГТА, 2000.
4. Мигушов И.И. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1972, №4. С.57...60.
5. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани; Моногр. – М.: Легкая индустрия, 1980.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 18.10.02.