

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ НИТИ
ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ
ПОЛУЧЕНИЯ ПРЯЖИ СПОСОБОМ РКН**

**MATHEMATICAL MODEL OF RELATIVE DEFORMATION OF THREAD
AT TRANSITION PROCESSES
OF RECEIVING YARN BY RKN METHOD**

П.М. МОВШОВИЧ, Е.В. ПАВЛЮЧЕНКО, К.Э. РАЗУМЕЕВ, А.В. ГОЛУБЧИКОВА
P.M. MOVSHOVICH, E.V. PAVLYUCHENKO, K.E. RAZUMEEV, A.V. GOLUBCHIKOVA

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
ООО НПК "ЦНИИШерсть")
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
LLC NPK "CNIISherst")
E-mail: office@msta.ac.ru

В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой математической модели процесса изменения относительной деформации нити в устройстве для получения пряжи способом раздельного кручения и наматывания (способ РКН). Получены уравнения, характеризующие изменение относительной деформации в периоды кручения и наматывания. Сформулированы условия стабильности технологического процесса, определяемые соотношением натяжения нити в баллоне и в зоне намотки и которое должно быть не менее 1,5. Определены геометрические размеры горки, при которых происходит перебрасывание нити через нее.

The article deals with the issues related to the development of a mathematical model of the process of changing the relative deformation of a yarn in a device for producing yarn by the method of separate twisting and winding (RKN method). Equations characterizing the change in the relative strain during the torsion and reeling periods are obtained. The conditions for the stability of the technological process, determined by the ratio of the thread tension in the cylinder and in the winding zone, are formulated and must be at least 1.5. The geometric dimensions of the slide are determined, under which the thread is thrown across it.

Ключевые слова: раздельное кручение и наматывание, период кручения, период наматывания, натяжение, относительная деформация пряжи, тормозная горка.

Keywords: separate torsion and winding, torsion period, winding period, tension, relative deformation of yarn, brake hill.

Нами уже отмечалось, что основной особенностью способа РКН является чередование периодов кручения и намотки [1]. В некотором отношении этот способ напоминает сальфакторное прядение, однако характер формирования крутки и технологические схемы имеют принципиальное различие. Как и в обычном прядении, в про-

цессе РКН серьезное значение имеют две физические величины: натяжение и крутка. Однако если для обычного прядения эти величины просто характеризуют параметры процесса и получаемого продукта пряжи, то в схеме РКН натяжение в зоне кручения-формирования имеет особое значение, предопределяя саму возможность протека-

ния технологического процесса. Именно натяжение, возникающее при контакте нити с горкой, обеспечивает чередование процесса кручения и намотки. Более того, соотношение натяжения в зоне баллона и намотки обеспечивает стабильность протекания самого процесса.

Действительно, на ранних стадиях реализации процесса РКН исследователи столкнулись с непонятным явлением: при определенных технологических параметрах начинался лавинообразный рост величины баллона и, как следствие, возникал обрыв. При дальнейших исследованиях выяснилось, что это явление возникает из-за того, что натяжение в зоне намотки недостаточное, по сравнению с натяжением нити в баллоне, которое, как известно, зависит от максимального радиуса баллона и, как следствие, центробежных усилий, воздействующих на нить. Было установлено, что для стабильного протекания процесса необходимо контролировать натяжение в зоне намотки, чтобы оно превосходило натяжение нити в баллоне с учетом угла перегиба нити относительно нижнего края колпака.

На рис. 1 показано огибание нитью нижнего края колпака (1 – колпак, 2 – нить, 3 – тормозная горка, 4 – початок). Здесь: T_1 – натяжение нити в баллоне, T_2 – натяжение в зоне "колпак-початок" (полупериод намотки), α – угол охвата нитью нижнего края колпака.

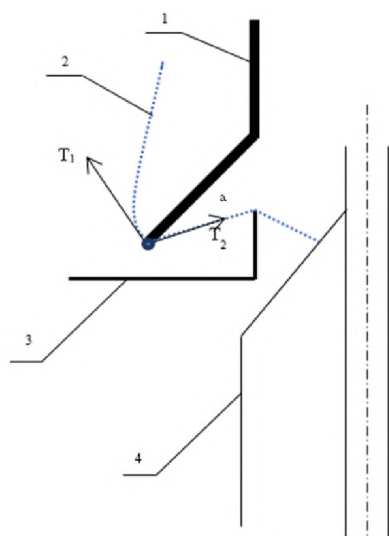


Рис. 1

Естественно, что в период кручения (намотка отсутствует) величина T_2 находится на низком уровне. В этот период происходит накопление резерва нити в баллоне. В период намотки можно записать соотношение Эйлера:

$$T_2 = T_1 e^{\mu\alpha}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения скольжения нити о нижний край колпака.

Согласно справочным данным значение коэффициента трения скольжения шерстяной нити о металл составляет величину порядка 0,25...0,3, величина угла огибания α составляет примерно $\pi/2$. В этом случае величина $e^{\mu\alpha} \cong 1,5$. Другими словами, стабильность технологического процесса может быть реализована при $T_1/T_2 \geq 1,5$. Подчеркнем, что стабильное значение угла $\alpha \cong \pi/2$ обеспечивается в том случае, когда используется безбаллонная насадка [2].

Для полноценного анализа динамики процесса кручения-наматывания необходимо провести математическое описание процесса изменения натяжения (относительной деформации) в зоне кручения-наматывания. Как и для случая анализа изменения крутки, проведем анализ изменения относительной линейной деформации в зоне кручения-намотки. Рассмотрим период намотки. Уравнение изменения баланса свободной длины пряжи в единицу времени в зоне кручения-намотки имеет вид:

$$\frac{d}{dt}(\ell\varepsilon) = \frac{V_H}{1+\varepsilon}, \quad (2)$$

где ε – относительная линейная деформация; ℓ – длина нити в баллоне; v_H – скорость намотки пряжи на початок.

По правилам дифференцирования произведения двух переменных имеем:

$$\ell \frac{d\varepsilon}{dt} + \varepsilon \frac{d\ell}{dt} = \frac{V_H}{1+\varepsilon}, \quad (3)$$

где $\frac{d\ell}{dt}$ – скорость подачи мычки в зону баллона.

Как было показано в [1]: $V_B \ll V_H$, поэтому для ориентировочных расчетов величиной v_B можно пренебречь. Таким образом, уравнение баланса свободной длины в период намотки приобретает вид:

$$\ell \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{V_H}{1+\varepsilon}. \quad (4)$$

Умножим числитель и знаменатель правой части уравнения (4) на $1-\varepsilon$ и получим:

$$\ell \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{V_H(1-\varepsilon)}{1+\varepsilon^2}. \quad (5)$$

Разделим обе части этого уравнения на V_H и пренебрежем величиной второго порядка малости ε^2 . В результате дифференциальное уравнение баланса свободных длин приобретает окончательный вид:

$$T_H \frac{d\varepsilon}{dt} + \varepsilon = 1. \quad (6)$$

Рассмотрим уравнение баланса свободных длин для периода кручения.

Уравнение баланса свободной длины нити в период кручения аналогично уравнению (2) и имеет вид:

$$\frac{d}{dt}(\ell\varepsilon) = 0, \quad (7)$$

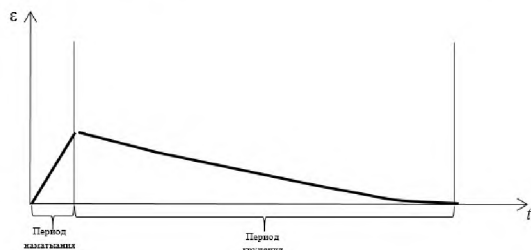


Рис. 2

Рассмотрим теперь соотношение, характеризующее работу горки (рис. 3 — к определению геометрических параметров тормозной горки):

$$\varepsilon = \frac{c-a}{a} = \frac{c}{a} - 1 = \frac{1}{\cos\alpha} - 1, \quad (11)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a}. \quad (11')$$

так как скорость намотки равна 0.

Проводя необходимые преобразования, получаем:

$$\ell \frac{d\varepsilon}{dt} + \varepsilon \frac{d\ell}{dt} = 0, \quad (8)$$

но так как $\frac{d\ell}{dt} = V_B$, делим обе части уравнения (8) на V_B и после преобразования имеем:

$$T_B \frac{d\varepsilon}{dt} + \varepsilon = 0, \quad (9)$$

где $T_B = \ell/V_B$.

Уравнение (9) представляет собой дифференциальное уравнение баланса свободных длин при кручении.

Решение этого уравнения имеет вид:

$$\varepsilon_K = \varepsilon_{0K} e^{-\frac{t}{T_K}}. \quad (10)$$

На рис. 2 показано графическое изменение относительной деформации в период кручения и намотки.

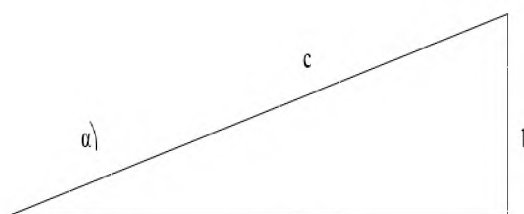


Рис. 3

Определение высоты выполнено из величины (11'). Нам необходимо выразить tga через ε :

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1. \quad (12)$$

Из выражения (11) следует:

$$\frac{1}{\cos \alpha} = \varepsilon + 1, \quad (13)$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = (\varepsilon + 1)^2. \quad (13')$$

Подставляя (13') в (13), получим:

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = (\varepsilon + 1)^2 - 1 = \varepsilon^2 + 2\varepsilon + 1 - 1 = \varepsilon^2 + 2\varepsilon.$$

Таким образом, выражение для tga , характеризующее относительное возвышение горки выражено через ε . Необходимое значение ε получится из уравнения (10).

Решение этого уравнения представляет собой экспоненту:

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 + (\varepsilon_{\Pi} - \varepsilon_0)(1 - e^{-t/T}), \quad (14)$$

где ε_{Π} – предельное значение относительной деформации, при которой происходит перебрасывание нити через горку; T – постоянная времени.

В нормированном виде уравнение (14) приобретает вид:

$$\bar{\varepsilon} = 1 + \left(\frac{\varepsilon_{\Pi}}{\varepsilon_0} - 1\right)(1 - \exp(-t/T)). \quad (14')$$

Решение уравнения (14') дает экспоненту, по которой происходит постепенное нарастание натяжения (относительной деформации) в зоне кручения-наматывания (рис. 4 – изменение относительной деформации пряжи в течение периода наматывания), вплоть до порогового значения.

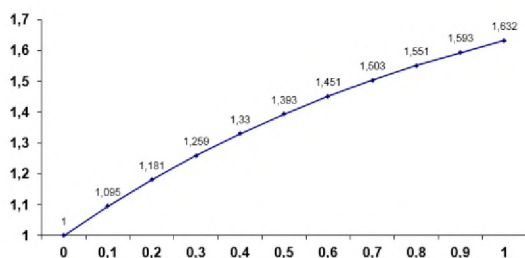


Рис. 4

ВЫВОДЫ

1. Разработаны математические модели процесса изменения относительной деформации нити в устройстве для получения пряжи способом раздельного кручения и наматывания (способ РКН).

2. Проведенные расчеты показали, что стабильность протекания технологического процесса обеспечивается соотношением натяжения нити в баллоне и в зоне намотки в пределах 1,5.

3. Получены уравнения, характеризующие изменения относительного натяжения нити в периоды наматывания и кручения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мовшович П.М., Павлюченко Е.В., Разумеев К.Э., Голубчикова А.В. Переходные процессы при получении пряжи способом РКН (Кручение) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №4. С. 123...127.

2. Патент РФ №2587372 С2 / Устройство для раздельного кручения и наматывания пряжи. Мовшович П.М., Павлюченко Е.В., Зыков И.С., Высоков М.И., Волков В.И., Разумеев К.Э.

REFERENCES

1. Movshovich P.M., Pavljuchenko E.V., Razumeev K.Je., Golubchikova A.V. Perehodnye processy pri poluchenii prjazhi sposobom RKN (Kruchenie) // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlenosti. – 2017, №4. S. 123...127.

2. Patent RF №2587372 S2 / Ustrojstvo dlja razdel'nogo kruchenija i namatyvanija prjazhi. Movshovich P.M., Pavljuchenko E.V., Zykov I.S., Vysokov M.I., Volkov V.I., Razumeev K.Je.

Рекомендована кафедрой прядения РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 10.07.17.