

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ БАЛЛОНИРУЮЩЕЙ НИТИ**  
**С.С. Алахова, В.И. Ольшанский, А.Г. Коган**

При формировании крученых комбинированных нитей особое внимание нужно уделять правильному выбору натяжения скручиваемых стренг, которое оказывает значительное влияние, как на свойства получаемой крученои нити, так и на стабильность процесса ее формирования.

В классическом прядении скручиваемые нити подаются с одинаковым натяжением и могут иметь различную свободную длину лишь при скручивании нитей различной линейной плотности. Наибольшее значение данный вопрос имеет при производстве крученои комбинированных нитей на прядильно-крутильных машинах, где скручиваемые стренги находятся в принципиально различных условиях. Натяжение прикручиваемого компонента зависит от места сматывания с катушки, стадии сматывания и формы баллона. Вторая стренга, выходящая из-под передней пары вытяжного прибора, имеет более постоянное натяжение и может регулироваться с помощью натяжного устройства.

Натяжением нити определяется форма баллона, и по форме баллона можно приблизительно оценить натяжение нити.

Рассмотрим стационарное контурное движение нерастянутой нити, которая проходит через начало координат и произвольную точку А (рис. 1)

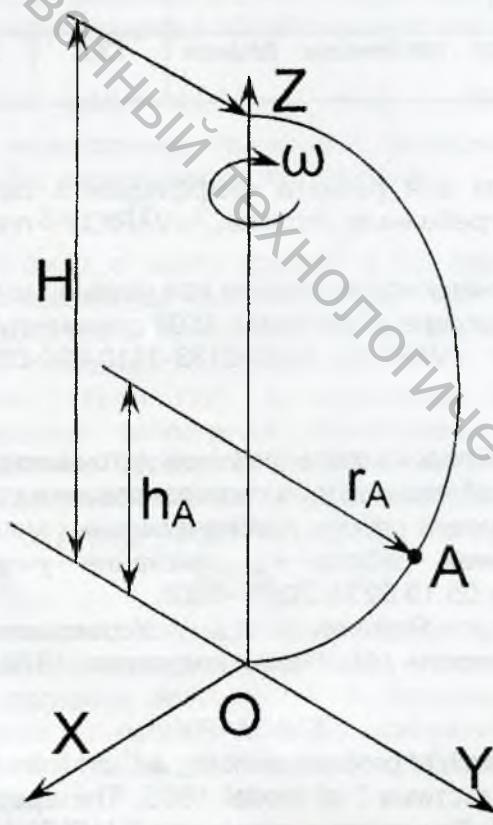


Рисунок 1 – Контурное движение баллонирующей нити

Дифференциальные уравнения движения баллонирующей нити получены проф. А.П. Минаковым [1].

$$\frac{d}{d\xi} \left( \vartheta \frac{dx}{d\xi} \right) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{T} \frac{d}{d\xi} \left( \vartheta \frac{dy}{d\xi} \right) + \kappa \omega^2 r z = -y \omega^2 - 2u \omega \frac{dz}{d\xi} \quad (2)$$

$$\frac{1}{T} \frac{d}{d\xi} \left( \vartheta \frac{dz}{d\xi} \right) - \kappa \omega^2 r y = -z \omega^2 + 2u \omega \frac{dy}{d\xi} \quad (3)$$

где:  $\xi$  - дуговая координата точки, м;

$\kappa$  - коэффициент пропорциональности, 1/м

$\vartheta * \frac{dx}{d\xi} = c\rho$  производная линейной координаты, равная

$$\vartheta = Q - Tu^2 \text{ где}$$

$Q$  - натяжение, Н;

$T$  - линейная плотность, баллонирующей нити, кг/м;

$\omega$  - угловая скорость баллона, с<sup>-1</sup>;

$x, y, z$  - линейные координаты точки нити, м;

$u = a$  - контурная скорость, м/с;

$\rho$  - коэффициент пропорциональности, численно равный  $\rho = a^2 S$ , м<sup>4</sup>/с<sup>2</sup>;

$S$  - площадь поперечного сечения нити, м<sup>2</sup>

$$S = \frac{\pi d_h^2}{4},$$

где  $d_h$  - расчетный диаметр нити, м;

$$d_h = 0,0357 \sqrt{\frac{T_0}{\gamma}},$$

$\gamma$  - плотность материала (волокна), кг/м<sup>3</sup>;

$T_0$  - линейная плотность нити, кг/м;

Предположим, что в процессе баллонирования в нити присутствует только упругая составляющая деформации, т. е.  $\varepsilon < 0,05$ , тогда линейную плотность деформируемой нити можно определить, учитывая условие постоянства объема исследуемого образца нити, по формуле [2]:

$$T = \frac{T_0}{f} = \frac{T_0}{1 + \varepsilon} = \frac{T_0}{1.05}, \text{ где}$$

$f$  - величина допустимой деформации, равная  $1 + \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  - величина относительной деформации.

В первом приближении решение дифференциальных уравнений (1), (2), (3) приводит к уравнению формы баллона:

$$y = \frac{r}{\sinh} \sin az, \quad (4)$$

$$a^2 = \frac{T\omega^2}{c}, \text{ м}^2/\text{с}^2$$

где:

Постоянную интегрирования  $c$ , имеющую физический смысл плотности вещества ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), определяем по известной из эксперимента длине баллона  $L$ . Известно[3], что длина участка кривой определяется по формуле:

$$L = \int_0^h \sqrt{1 + (y')^2} dz \quad (5)$$

$$y' = \frac{ra \cos az}{\sinh}, \text{ где } h \text{ полувысота баллона, равная } \frac{H}{2}, \text{ м}$$

$$\text{Обозначим } \frac{ra}{\sinh} = b \quad (6)$$

Тогда уравнение (5) примет вид:

$$L = \int_0^h \sqrt{1 + b^2 \cos^2 az} dz \quad (7)$$

Уравнение (7) было решено относительно  $a$  численным методом,

обозначив  $\cos^2 az = m$ , преобразуем уравнение (7) к виду:

$$L = \left( \sqrt{1 + b^2 m} \right)^* h, \quad (8)$$

$$\text{Уравнение (8) преобразуем к виду } \frac{L^2}{h^2} = 1 + \frac{r^2 a^2}{\sin^2 ah} m, \quad (9)$$

задавая величину шага  $\Delta m = 0,1$ , где  $m$  изменяется от 0 до 1.

Учитывая, что  $a^2 = \frac{T\omega^2}{c}$ , тогда  $a = \sqrt{\frac{T}{c}} \omega$  и уравнение (9) примет вид:

$$\frac{L^2}{h^2} = \left[ \frac{c^2 \sin^2 \left( \sqrt{\frac{T}{c}} * \omega h \right) + r^2 T^2 \omega^4}{c^2 \sin^2 \left( \sqrt{\frac{T}{c}} \right) \omega h} \right] * m \quad (10)$$

Выразим из уравнения (10) комплекс

$$c^2 \left( \sin^2 \left[ \sqrt{\frac{T}{c}} * \omega h \right] \right) = \frac{r^2 T^2 \omega^4 h^2}{|L^2 - h^2|} * m, \quad (11)$$

задаваясь величиной шага  $m = 0.1$ , при условии, что:  $0 \leq m \leq 1$ , в трансцендентном комплексе  $c^2 \left( \sin \sqrt{\frac{T}{c}} * \omega h \right)$  определим постоянную  $c$ ,

задаваясь ее численными значениями с определенным интервалом. Значения коэффициентов  $c$ ,  $a$  были рассчитаны с помощью программного математического пакета MAPLE 6.

Решение трансцендентного уравнения (11) показывает, что имеется несколько значений постоянной интегрирования  $c$ , удовлетворяющих уравнению (10). Из всех значений  $c$ , выбираются те, которые обеспечивают наибольшую сходимость результатов экспериментальной и теоретической оценки формы баллона.

Для экспериментальной оценки формы баллонирующей нити ее фотографируют в момент, когда нить оказывается в плоскости, совпадающей с осью веретена, зрительно зафиксировав ее с помощью стробоскопа.

Проведенные аналитические исследования позволяют графически представить форму баллонирующей нити. На рисунке 2 приведены теоретические и экспериментальная кривые, описывающие форму баллонирующей нити при различных значениях коэффициента  $a$ .

Сравнение экспериментальной кривой ( $Y$ ) баллонирующей нити и построенной кривой ( $Y_1$ ) по уравнению (4) показывает высокую сходимость результатов. Ошибка аппроксимации составляет не более 3%, при значении  $a = 38.68$  м/с. Теоретическая кривая ( $Y_2$ ) значительно отклоняется от экспериментальной кривой ( $Y$ ) при значении  $a = 72.93$  м/с. В дальнейших расчетах для определения формы баллонирующей нити принимаем значение коэффициента  $a = 38.68$  м/с.

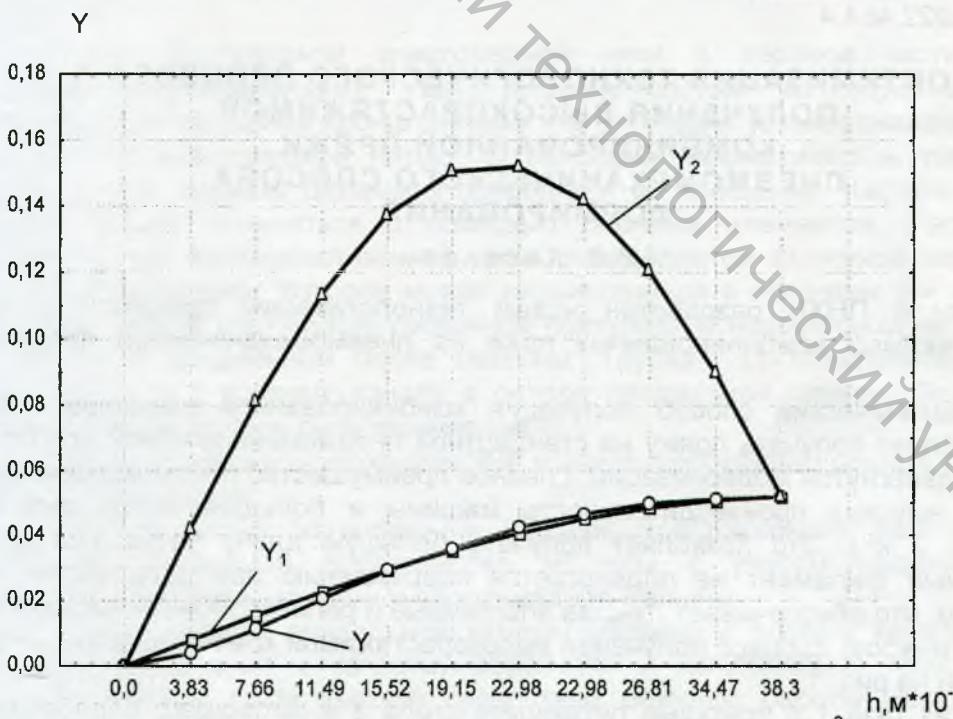


Рисунок 2 – Теоретические и экспериментальная кривые, описывающие форму баллонирующей нити

Y – экспериментальная кривая;

Y<sub>1</sub> – теоретическая кривая, при  $a = 38.68$  м/с;

Y<sub>2</sub> – теоретическая кривая, при  $a = 72.93$  м/с.

## ВЫВОДЫ

1. Впервые получено уравнение формы баллонирующей нити, учитывающее ее геометрические и физико-механические свойства.
2. Разработана методика и программа теоретического расчета формы баллонирующей нити, основанная на численном методе решения трансцендентных уравнений.
3. Разработана методика расчета величины натяжения баллонирующей нити с учетом ее геометрических и физико-механических свойств.

## Список использованных источников

1. Минаков, А. П. О форме баллона и натяжении нити в крутильных машинах/ А. П Минаков // Известия Московского текстильного института. - 1929. - Т.2.
2. Кузнецов, А. А. Оценка и прогнозирование механических свойств текстильных нитей: монография / А. А. Кузнецов, В. И. Ольшанский. – Витебск: УО «ВГТУ», 2004. – 226 с.
3. Гусак, А. А., Справочник по высшей математике / А. А. Гусак, Г. М. Гусак. – Минск: Навука і тэхніка, 1991. – 480 с.

## SUMMARU

The methods of ballooning thread form calculation based on the numerical method of solution of transcendental equations and experimental research are given in this article.

The methods of computation of ballooning thread value tension enabling the determination of the thread tension on the hollow spindle of spinning – twisting machine and in the course of technological process are suggested.

The application of developed methods allows to project technological parameters of production of compound twisted threads and creates conditions for its optimization.

УДК 677.022.484.4

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОРАСТЯЖИМОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ПРЯЖИ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА ФОРМИРОВАНИЯ

Р.В. Киселев

На кафедре ПНХВ разработан новый технологический процесс получения высокорастяжимых комбинированных пряж на пневмомеханической прядильной машине.

Пневмомеханический способ получения комбинированной высокорастяжимой пряжи позволяет получать пряжу на стандартной пневмомеханической прядильной машине, подвергнутой модернизации. Главное преимущество пневмомеханического способа – высокая производительность машины и большая масса выпускной паковки (до 3 кг.). Это позволяет получать большую длину безузловой пряжи. Эластомерный филамент не подвергается повреждению при переработке и не имеет крутки, что обеспечивает лучшие эластичные и релаксационные свойства.

Технологический процесс получения высокорастяжимой комбинированной пряжи представлен на рис. 1.

Лента 2 из таза 1 с помощью питающего стола 3 и питающего барабанчика 4 подается к дискретизирующему барабанчику 5 с игольчатой или пильчатой гарнитурой. Лента утоняется и разъединяется на отдельные волокна. В камере 7 создается вакуум, и по пневмоканалу дискретный поток 6 подается в камеру 7, затем скользит к желобу камеры, где происходит циклическое сложение дискретного потока.