УДК 677.022.484.4

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ КРУТКИ ПО БАЛЛОНУ ПРИ ПНЕВМОПРЯДЕНИИ

Е.А. ПОСЫЛИНА, И.Ю.ЛАРИН, Я.М.КРАСИК, Г.А.ХОСРОВЯН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Согласно [1] приращение крутки ΔK на элементе траектории движения нити Δx пропорционально величине крутки:

$$\Delta K = -\alpha K \Delta x ,$$

где $\alpha = const$ – коэффициент пропорциональности.

Отметим, что утверждение, что $\alpha = const$, было принято в [1] без каких-либо обоснований. Тем не менее, более общий подход к выводу уравнения по распространению крутки приводит к другому результату. Известно, что величина приращения крутки может быть определена по формуле

$$\Delta K = K' \Delta x ,$$

где x – координата, отсчитываемая по траектории пряжи от точки входа пряжи на воронку к точке съема (то есть x = 0, когда значение радиальной координаты r равно радиусу воронки $r_в$); K' – производная крутки $K(x)$ по x.

Очевидно, что величина K' зависит от значения жесткости кручения пряжи C, а также от положения x рассматриваемой точки. С другой стороны, от координаты x зависит и значение крутки K, то есть $K = K(x)$. Отсюда следуют и значения обратной функции $x = x(K)$. Таким образом, можно записать следующее соотношение для функции K':

$$K' = -f(C(x), x) = -f(C(x), x(K)) ,$$

где знак " - " перед f определяет падение крутки в сторону возрастания координаты x (то есть в направлении точки съема).

В первом приближении возьмем линейную зависимость f от K, то есть представим функцию $f(C(x), x(K))$ в виде произведения двух множителей, один из которых есть функция $\alpha(x)$, а другой – величина $K(x)$:

$$f(C(x), x(K)) = \alpha(x) K .$$

Следовательно,

$$\Delta K = -\alpha(x) K(x) \Delta x$$

или

$$\frac{\Delta K}{\Delta x} = -\alpha(x) K(x) .$$

В пределе при $\Delta x \to 0$ имеем, что

$$\frac{dK}{dx} = -\alpha(x) K(x) .$$

Таким образом, получено уравнение, моделирующее распространения крутки вдоль баллона от точки съема до точки входа на воронку.

Величина K находится интегрированием правой и левой частей следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{dK}{K} = -\alpha(x) dx .$$

Отсюда получаем последовательно:

$$\int_0^x \frac{dK}{K} = -\int_0^x \alpha(x) dx$$

или

$$\ln K(x) - \ln K_{вх} = -\int_0^x \alpha(x) dx ,$$

где $K_{вх}$ – крутка пряжи в точке $x = 0$.

Преобразуя полученное соотношение, имеем

$$\ln\frac{K}{K_{вх}} = -\int_0^x \alpha(x)dx .$$

Следовательно, получаем, что распространение крутки по баллону подчиняется экспоненциальному закону:

$$K = K_{вх} e^{-\int_0^x \alpha(x)dx} .$$

Что касается физического смысла величины α, то в [2] ей приписывается смысл "жесткости кручения". Отметим, что жесткость кручения имеет размерность "Н·м^2" [3], а величина $\alpha(x)$ – размерность "м$^{-1}$". Следовательно, α имеет иной физический смысл, который отчасти может быть понятен из вывода компонентов, составляющих функцию K'. Очевидно, что величина α зависит от жесткости на кручение пряжи. То есть α = const, если жесткость кручения пряжи по контуру ее движения неизменна, и $\alpha = \alpha(x)$, если пряжа неоднородна по величине жесткости кручения.

Величина $K_{вх}$ равна крутке пряжи на входе на фрикционную поверхность воронки. Процесс изменения крутки на фрикционной поверхности воронки рассмотрен в [4]. Величина $K_{вх}$ согласно [4]:

$$K_{вх} = \omega_к[a_к(1-\exp(k\varphi_{охв}))+1]/(2\pi v_{вып}),$$

где $a_к$ – параметр; $\omega_к = \pi n_к/30$ – угловая скорость вращения ротора; $n_к$ – частота вращения ротора, мин$^{-1}$; k = 0,18 – коэффициент трения; $v_{вып}$ – скорость выпуска пряжи.

Характер зависимости α от жесткости кручения определим из следующего анализа изменения крутки на входе в воронку. Отметим, что если $\alpha = \alpha_{con}$ = const, то получаем, что

$$K = K_{вх} e^{-\alpha_{con} x} .$$

Чтобы определить величину $\alpha(x)$ при $x=0$, рассмотрим уравнение изменения крутки на фрикционной поверхности воронки, выведенное в [2]:

$$\frac{dK}{d\varphi} = -\frac{\omega_к k a_к}{2\pi v_{вып}}\exp(k\varphi) ,$$

где φ – угловая координата точки на траектории движения нити по воронке.

На входе на воронку, очевидно, что $dx = r_ф d\varphi$, где $r_ф$ – радиус фрикционной поверхности воронки. Следовательно:

$$\left.\frac{dK(\varphi)}{r_ф d\varphi}\right|_{\varphi_{охв}} = \left.\frac{dK(x)}{dx}\right|_{x=0} .$$

Поэтому

$$\left.\frac{dK(x)}{dx}\right|_{x=0} = -\frac{\omega_к k a_к}{2\pi r_ф v_{вып}}\exp(k\varphi_{охв}) .$$

Из

$$\left.\frac{dK}{dx}\right|_{x=0} = -\alpha(0)K_{вх}$$

следует, что

$$\frac{\omega_к k a_к}{2\pi r_ф v_{вып}}\exp(k\varphi_{охв}) = -\alpha(0)K_{вх} .$$

Так как

$$\alpha(0) = K_{вх}^{-1}\left.\frac{dK}{dx}\right|_{x=0} ,$$

то

$$\alpha(0) = \frac{\omega_к k a_к}{2\pi r_ф v_{вып} K_{вх}}\exp(k\varphi_{охв}) .$$

Находим, учитывая соотношение для $K_{вх}$, что

$$\alpha(0)=\frac{ka_к \exp(k\varphi_{охв})}{r_ф\{a_к[1-\exp(k\varphi_{охв})]+1\}}.$$

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель для определения крутки пряжи по баллону в прядильном роторе при пневмопрядении.

2. Раскрыта зависимость от жесткости пряжи на кручение параметра, включенного в модель.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Райкова Е.Ю.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, № 2. С.34…36.

2. *Томин Н.Г., Ларин И.Ю., Посылина Е.А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 6. С.36…38.

3. *Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И.* Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

4. *Мигушов И.И.* Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 25.12.06.