

УДК 677.052.71

## **АНАЛИЗ ПРОЦЕССА НАМАТЫВАНИЯ ПРЯЖИ НА ПАКОВКУ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ЕЕ НА КОЛЬЦЕВОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЕ**

*А.А.СТОЛЯРОВ*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

Известно, что при выработке пряжи на кольцевой прядильной машине нить, направляясь к паковке, на участке между нитепроводником и бегунком все время находится во вращательном движении вокруг оси веретена, испытывая влияние различных сил. Масса нити на этом участке при вращении находится под действием центробежных сил, с одной стороны, и под действием сопротивления воздуха и кориолисовых сил – с другой. Центробежная сила стремится отбросить участок нити между нитепроводником и бегунком в сторону. Вследствие этого нить принимает вид выпуклой кривой и описывает в про-

странстве так называемый баллон. Форма баллона в значительной степени определяет величину натяжения нити, как в самом баллоне, так и на участке бегунок-паковка. А так как натяжение нити в различных ее точках обуславливает обрывность в слабых местах нити, то определение степени натяжения и факторов, влияющих на натяжение, имеет очень большое значение и вызывает большой интерес у исследователей.

В ходе аналитического исследования операции наматывания пряжи на паковку на кольцевой прядильной машине, выполненного нами на основе работ [1...3], а

также экспериментальных исследованиях [4...6], получены результаты, дающие основания считать, что ее крутильно-мотальное устройство кроме свойственных ему функций, выполняет функцию сглаживания амплитуды колебания натяжения пряжи в точке наматывания в процессе увеличения диаметра намотки. Проанализируем процесс наматывания пряжи на паковку в переходных режимах, то есть при изменении радиуса и скорости наматывания.

Рассмотрим зону наматывания кольцевой прядильной машины, то есть участок, ограниченный выпускным цилиндром вытяжного прибора и паковкой. Уравнение движения нити в этой зоне запишем в следующем виде:

$$V_{\text{АОИ}} - V_f / (1 + \varepsilon) = d[L / (1 + \varepsilon)] / dt, \quad (1)$$

где  $V_{\text{вып}}$  – скорость выпуска пряжи из вытяжного прибора;  $V_n$  – скорость наматывания пряжи на паковку;  $L$  – величина исследуемой зоны (от выпускного цилиндра до точки наматывания);  $\varepsilon$  – относительная деформация пряжи в зоне наматывания.

Скорость наматывания пряжи на паковку при постоянной частоте вращения веретен зависит от радиуса наматывания. В свою очередь изменение радиуса наматывания определяется натяжением пряжи в точке наматывания. Тогда скорость из-

$$\frac{V_f (1 - \alpha \dot{T})}{2\pi R} = \frac{\delta V_n (1 - \alpha T_0)}{2\pi R_0} - \frac{\delta V_n \alpha}{2\pi R_0} \Delta T - \frac{\delta V_n (1 - \alpha T_0)}{2\pi (R_0)^2} \Delta R + \frac{\delta V_n \alpha}{2\pi (R_0)^2} \Delta T \Delta R. \quad (5)$$

Учитывая малую величину произведения  $\Delta T \Delta R$ , считаем, что в выражении (5) ее можно не учитывать. Тогда запишем выражение (4) в приращениях:

$$\frac{dR_0}{dt} + \frac{d\Delta R}{dt} = \frac{\delta V_n (1 - \alpha T_0)}{2\pi R_0} - C \Delta R - D \Delta T, \quad (6)$$

где

$$\tilde{N} = \frac{\delta V_n (1 - \alpha T_0)}{2\pi (R_0)^2}, \quad D = \frac{\delta V_n \alpha}{2\pi R_0}. \quad (7)$$

менения радиуса наматывания можно записать в виде:

$$dR / dt = \delta V_f (1 - \alpha T_f) / 2\pi R, \quad (2)$$

где  $R$  – радиус наматывания пряжи на паковку;  $T_n$  – натяжение пряжи в точке наматывания;  $\delta$  – толщина пряжи до воздействия на нее бегунка;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий деформацию пряжи от воздействия бегунка.

Преобразуем выражение (2), считая что

$$\begin{aligned} R &= R_0(t) + \Delta R(t), \\ T &= T_0 + \Delta T, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $R_0(t)$  – основной уровень радиуса, являющийся постоянным только в пределах данного слоя намотки, в общем случае является функцией времени ( $t$ );  $\Delta R(t)$  – приращение радиуса наматывания;  $T_0$  – основной уровень натяжения;  $\Delta T$  – приращение натяжения.

Тогда левая часть выражения (2) будет иметь вид:

$$dR / dt = dR_0(t) / dt + d\Delta R(t) / dt. \quad (4)$$

Для упрощения записи опустим обозначение ( $t$ ), тогда правая часть выражения (2) с учетом малой величины  $\Delta R$  будет иметь вид:

Тогда для основного уровня радиуса наматывания  $R_0$  и номинального натяжения  $T_0$  выражение (6) принимает вид:

$$\frac{dR_0}{dt} = \frac{\delta V_n (1 - \alpha T_0)}{2\pi R_0}. \quad (8)$$

После преобразования из (6) получаем:

$$\Omega \frac{d\Delta R}{dt} + \Delta R = -K_1 \Delta T, \quad (9)$$

где  $\Omega = \frac{2\pi(R_0)^2}{\delta V_H(1-\alpha T_0)}$  – постоянная величина времени изменения радиуса наматывания, с;  $K_1 = \frac{\alpha R_0}{1-\alpha T_0}$  – коэффициент, учитывающий изменение натяжения при увеличении радиуса наматывания, м/Н.

Выражение (9) представляет дифференциальное уравнение, связывающее изменение радиуса паковки от его величины при невозмущенном состоянии с изменением натяжения от ее номинальной величины.

С учетом малости  $\varepsilon$  выражение (1) имеет вид:

$$V_H - V_{\dot{A}U\dot{I}} = V_H \varepsilon + L \frac{d\varepsilon}{dt}. \quad (10)$$

Для случая упругой деформации пряжи при наматывании на паковку ее относительная деформация будет определяться:

$$\varepsilon = T / EF, \quad (11)$$

где  $EF$  – жесткость пряжи на растяжение, Н.

После линеаризации и преобразований из (10) находим

$$\Omega_1 \frac{d\Delta T}{dt} + \Delta T = K_2 \Delta V_H, \quad (12)$$

где  $\Omega_1 = \frac{L}{V_0}$  – постоянная величина времени зоны наматывания, с;  $K_2 = \frac{(1-\varepsilon_0)EF}{V_{H_0}}$  – коэффициент, учитывающий изменение натяжения от скорости наматывания, Н·с/м;  $\varepsilon_0 = \frac{\dot{O}_0}{EF}$  – относительная деформация пряжи в установившемся режиме.

Приращение скорости наматывания:

$$\Delta V_H = \beta \Delta R, \quad (13)$$

где  $\beta$  – коэффициент пропорциональности, 1/с.

Система уравнений (9), (12), (13) при соответствующих начальных условиях описывает процесс наматывания пряжи на паковку. Исключив из этой системы уравнений  $\Delta T$ , получим дифференциальное уравнение относительно приращения радиуса  $\Delta R$ :

$$\Omega_1 \Omega \frac{d^2 \Delta R}{dt^2} + (\Omega_1 + \Omega) \frac{d\Delta R}{dt} + (1 + K_1 K_3) \Delta R = 0, \quad (14)$$

где  $K_3 = \beta K_2$ .

Аналогично для изменения натяжения пряжи уравнение будет иметь вид:

$$\Omega_1 \Omega \frac{d^2 \Delta T}{dt^2} + (\Omega_1 + \Omega) \frac{d\Delta T}{dt} + (1 + K_1 K_3) \Delta T = 0. \quad (15)$$

Таким образом, переходные процессы для радиуса наматывания и натяжения пряжи описываются дифференциальными уравнениями второго порядка, которые показывают, что возникающие в процессе наматывания пряжи на паковку случайные отклонения  $\Delta R$  и  $\Delta T$  с течением времени (по мере увеличения диаметра паковки) исчезают, то есть наблюдается эффект самовыравнивания. Из уравнения (15) можно определить длительность и характер переходных процессов:

$$\Delta T(t) = \Delta T(0)[C_1 \exp(\gamma_1 t) + C_2 \exp(\gamma_2 t)], \quad (16)$$

где

$$\begin{aligned} \gamma_{1,2} &= [-(\Omega_1 + \Omega) \pm \\ &\pm \sqrt{(\Omega_1 + \Omega)^2 - 4\Omega_1 \Omega (1 + K_1 K_3)}] / 2\Omega_1 \Omega, \quad (17) \\ \tilde{N}_1 &= \gamma_2 / (\gamma_2 - \gamma_1), \\ \tilde{N}_2 &= \gamma_1 / (\gamma_1 - \gamma_2). \end{aligned}$$

Анализ реальных величин  $\Omega_1$ ,  $\Omega_2$ ,  $K_1$  и  $K_3$  показывает, что корни характеристического уравнения могут быть действительными и отрицательными, то есть переходный процесс является устойчивым и аperiodическим.

С помощью специального измерительного стенда [4] проводились исследования работы крутильно-мотального устройства

кольцевой прядильной машины П-76-5М4 при выработке пряжи различной линейной плотности при различных параметрах технологического процесса. В результате исследований получены осциллограммы, которые характеризовали переходный процесс при наматывании пряжи на паковку. Анализ осциллограмм показал, что максимальное натяжение в точке наматывания пряжи испытывает в начальной стадии, то есть при минимальном диаметре намотки, равно диаметру патрона (момент заработка гнезда початка). В дальнейшем, при наматывании каждого последующего слоя, уровень натяжения снижается, а амплитуда колебания натяжения при переходе от слоя к слою сглаживается. Однако на стадии завершения формирования паковки, при верхнем положении кольцевой планки и малом диаметре намотки (баллон становится более спрямленным, а угол между касательными к баллону у нитепроводника и у бегунка увеличивается) – натяжение возрастает.

## ВЫВОДЫ

Результаты аналитического и экспериментального исследований подтвердили, что при формировании тела початка кру-

тильно-мотальное устройство кольцевой прядильной машины, кроме свойственных ему функций, выполняет функцию частичного самовыравнивания натяжения пряжи, которое она испытывает в процессе наматывания на паковку.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов Н.Т. Прядение хлопка. – М.: Легкая промышленность, 1951.
2. Щербаков В.П. Прикладная механика нити. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2001.
3. Щербаков В.П., Болотный А.П. Баллонирование и натяжение нити на кольцевых прядильных машинах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №1. С.116...121.
4. Столяров А.А. Способ определения натяжения нити на кольцевой прядильной машине в зоне бегунок-паковка / Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №5. С.28...31.
5. Столяров А.А. О натяжении нити в точке наматывания при выработке пряжи на кольцевой прядильной машине. – Иваново.:ВИНИТИ, 2006, №388.
6. Столяров А.А. Построение и анализ диаграммы натяжения нити на кольцевой прядильной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2. С.28...31.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных изделий. Поступила 02.10.09.