

РАСЧЕТ НАТЯЖЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ НИТИ НА ПОЛОМ ВЕРЕТЕНЕ

*Коган А.Г., Баранова А.А.,
Трубников Ю.В.*

В Витебском технологическом институте легкой промышленности разработана технология получения комбинированных нитей большой линейной плотности на модернизированной прядильно-крутильной машине ПК-100МЗ. Комбинированная нить формируется из ленты, утоненной в вытяжном приборе, и комплексной химической нити, сматываемой с полого веретена.

Свойства комбинированных нитей и стабильность процесса формирования в большой степени зависят от правильного выбора натяжения выпрядаемого и прикручиваемого компонентов.

Выпрядаемая составляющая имеет достаточно равномерное натяжение, а сматываемая с двухфланцевой катушки комплексная химическая нить находится в менее благоприятных условиях. Определенную выравнивающую роль здесь играет натяжитель, названный "стабилизатором крутки" и установленный в нижней части полого веретена. Он увеличивает натяжение прикручиваемого компонента и уменьшает его колебания. В результате возрастает крутящий момент, воздействующий на выпрядаемую мычку, что положительно отражается на процессе формирования и свойствах комбинированных нитей.

На основе теории баллонирющей нити получена математическая модель, описывающая натяжение комплексной химической нити на полом веретене. Она позволяет установить, как влияют технологические и конструктивные параметры на натяжение прикручиваемого компонента. Это позволяет регулировать натяжение в зависимости от вида и линейной плотности комплексной химической нити.

Натяжение комплексной химической нити на полом веретене состоит из (рис.1):

F_1 - натяжения в баллоне при сматывания с катушки;

F_2 - натяжения в канале веретена;

F_3 - натяжения в стабилизаторе крутки.

Натяжение нити в баллоне возникает в результате суммарного действия нескольких сил: центробежной силы $F_{ц}$, силы сопротивления воздуха F_a , силы Кориолиса, силы тяжести нити. Учитывая то, что линейная плотность химической нити и продольная скорость движения нити малы по сравнению с угловой скоростью вращения, силой тяжести и силой Кориолиса можно пренебречь. Тогда натяжение нити в баллоне:

$$\bar{F}_1 = \bar{F}_{ц} + \bar{F}_a \quad (1)$$

Центробежная сила, действующая на нить в баллоне:

$$F_{ц} = \frac{1}{2} T_{пр} l \omega^2 R_{max}^2 \quad (2)$$

где $T_{пр}$ - линейная плотность прикручиваемого компонента; l - длина нити в баллоне; ω - угловая скорость вращения нити; R_{max} - максимальный радиус баллона.

Силу аэродинамического сопротивления можно определить по формуле:

$$F_a = \frac{1}{2} k S \rho v^2, \quad (3)$$

где k - аэродинамический коэффициент сопротивления; S - характерная площадь тела (площадь проекции нити в баллоне на плоскость zOz); ρ - массовая плотность среды сопротивления; v - скорость движения нити относительно воздушной среды.

Считая форму нити в баллоне параболической, можно записать ее уравнение:

$$f(z) = -\frac{4R_{\max} z^2}{h^2} + \frac{4R_{\max} z}{h}, \quad (4)$$

где h - максимальная высота баллона; R_{\max} - максимальный радиус баллона; z - текущая координата элемента нити dl по оси z .

Приняв, что сила F направлена по касательной к винтовой линии, образуемой баллоном, можно записать:

$$\cos \angle(\vec{F}_1, Oz) = \frac{u}{\sqrt{r_{\max}^2 \omega^2 + u^2}}, \quad (5)$$

где u - скорость продольного движения нити; ω - угловая скорость вращения нити; r_{\max} - радиус выпрядаемого компонента.

Натяжение комплексной химической нити в канале веретена и в стабилизаторе крутки создается за счет сил трения нити о вершину веретена и скобу стабилизатора крутки. Его можно определить по формуле Эйлера.

Таким образом, теоретическая модель, описывающая натяжение прикручиваемого компонента после стабилизатора крутки, имеет следующий вид:

$$F_3 = \left(\frac{T_{\text{пр}} \omega^2 h^2}{8000 R_{\max}} \left(\frac{16R_{\max}^3}{h^3} + \frac{R_{\max}}{2h} \right) \sqrt{1 + \frac{16R_{\max}^2}{h^2}} + \frac{1}{8} \ln \left(\frac{4R_{\max}}{h} + \sqrt{1 + \frac{16R_{\max}^2}{h^2}} \right) \right) + \left(\frac{T_{\text{пр}} \omega^2 h^2}{1000} + \frac{d_{\text{пр}} k \rho R_{\max}}{4} \right) \ln \left(\frac{4R_{\max}}{h} + \sqrt{1 + \frac{16R_{\max}^2}{h^2}} \right) + \frac{4R_{\max}}{h} + \sqrt{1 + \frac{16R_{\max}^2}{h^2}} \frac{u e^{\mu \beta + \alpha}}{\sqrt{r_{\max}^2 \omega^2 + u^2}} \quad (6)$$

где $T_{\text{пр}}$ - линейная плотность прикручиваемого компонента, текс;

ω - угловая скорость вращения веретена, рад/с;

h - максимальная высота баллона, м;

R_{\max} - максимальный радиус нити в баллоне, м;

$d_{\text{пр}}$ - диаметр прикручиваемого компонента, м;

k - аэродинамический коэффициент сопротивления, м;

ρ - массовая плотность среды сопротивления, Н с²/м⁴;

u - скорость продольного движения нити, м/с;

e - основание натурального логарифма;

μ - коэффициент трения нити о вершину веретена и скобу стабилизатора крутки;

β - угол обхвата нитью вершины веретена, рад;

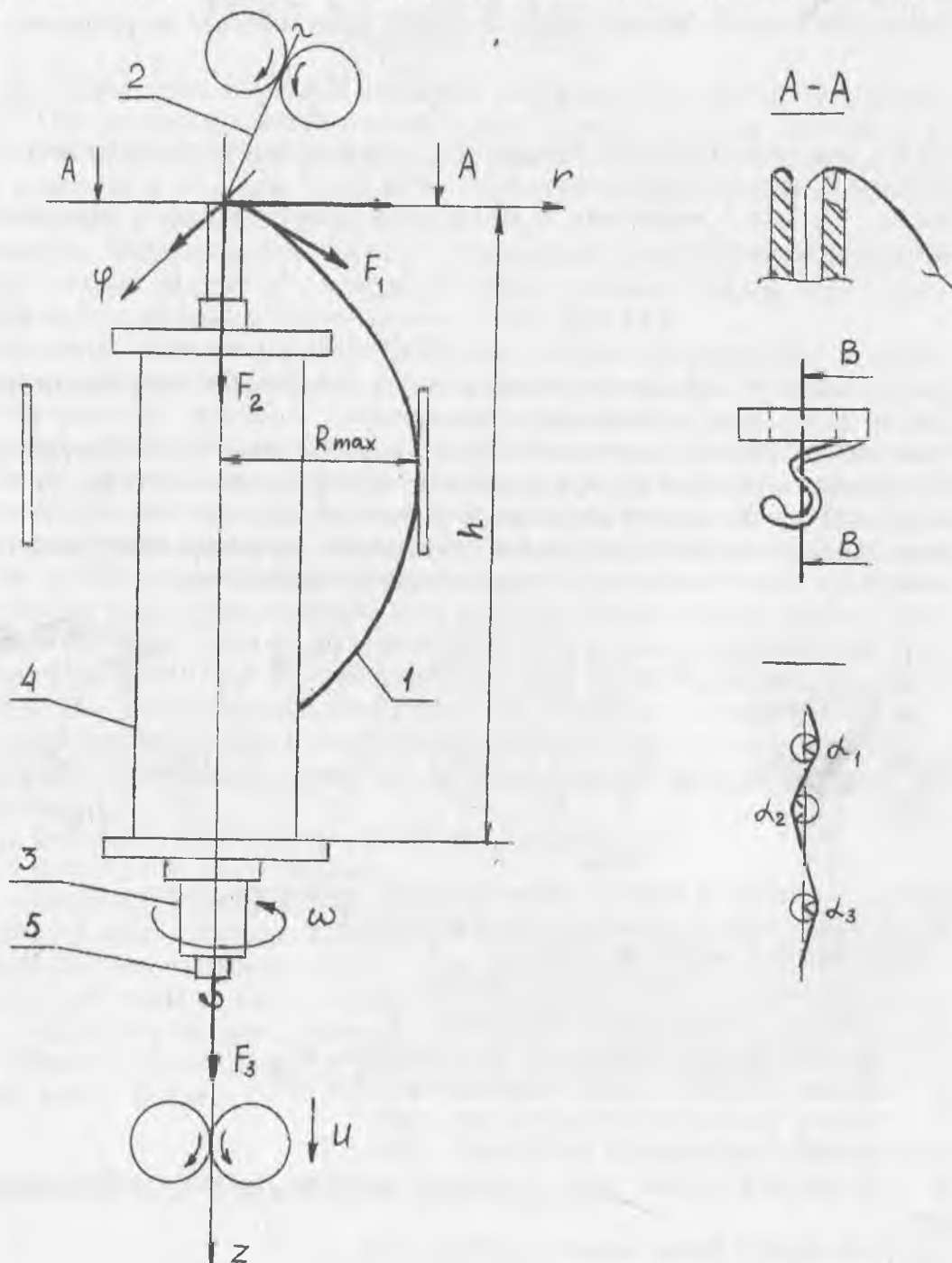
α - угол обхвата нитью скобы стабилизатора крутки, рад;

$r_{\text{пр}}$ - радиус выпрядаемого компонента, м.

Результаты экспериментальных исследований подтвердили правомерность теоретической модели. Расхождения расчетных и экспериментальных значений, представленных в таблице, находятся в пределах 5%.

Таблица

$T_{пр},$ текс	$T_{вк},$ текс	$u,$ м/с	$\omega,$ рад/ с	$R_{max},$ мм	$d_{пр},$ мм	$r_{пр},$ мм	$h,$ мм	$\beta,$ рад	$\alpha,$ рад	$F_3 \text{ рас},$ Н	$F_3 \text{ экс},$ Н
29,4	125	0,333	628	50	0,23	0,22	265	0,35	2,27	23,83	22,95



1 - прикручиваемый компонент; 2 - выпрядаемый компонент; 3 - полое веретено; 4 - двухфланцевая катушка; 5 - стабилизатор крутки; 6 - комбинированная нить.

Рис. 1. Силы, действующие на комплексную химическую нить