

## РАСЧЕТ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ В ГРЕБЕНЧАТОМ НИТЕНАТЯЖИТЕЛЕ

Э.А. ОНИКОВ

(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

Во всех учебниках натяжение нити, создаваемое гребенчатыми нитенатяжителями, в которых нить огибает неподвижные и подвижные гребенки с пальцами, предлагается определять по известной формуле Эйлера:

$$\dot{O}_e = \dot{O}_i \dot{a}^{\phi(\dot{\alpha}_1 + \dot{\alpha}_2 + \dots + \dot{\alpha}_n)},$$

где  $T_n$ ;  $T_k$  – натяжение нити соответственно на входе и выходе из нитенатяжителя;  $\phi$  – коэффициент трения нити о пальцы нитенатяжителя;  $\alpha_i$  – угол охвата нитью  $i$ -го пальца нитенатяжителя.

Формула имеет практическую ценность только в том случае, если угол охвата нитью пальцев нитенатяжителя постоянен и известен. Но в гребенчатых нитенатяжителях угол охвата нитью пальцев неподвижной и подвижной гребенки переменный и зависит от усилия, приложенного к подвижным пальцам.

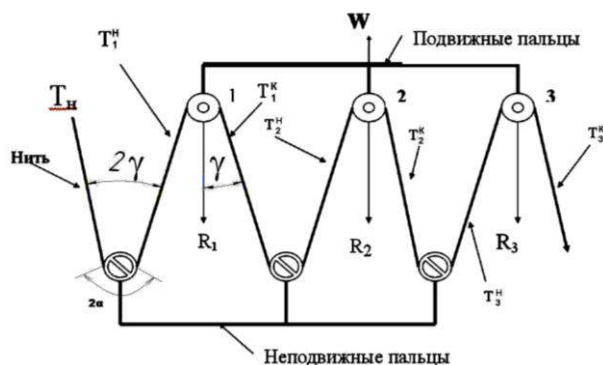


Рис. 1

Ниже приведен расчет натяжения нити на выходе гребенчатого нитенатяжителя ( $\dot{O}_i^e$ ) как функция начального натяжения нити ( $T_n$ ) и усилия, приложенного к подвижной гребенке ( $W$ ).

Условные обозначения (рис. 1 – расчетная схема нитенатяжителя):  $T_n$  – начальное натяжение нити на входе нитенатяжителя, сН;  $T_1^i$  – натяжение нити перед первым подвижным пальцем;  $T_1^e$  – натяжение нити после первого подвижного пальца;  $T_2^i$  – натяжение нити перед вторым подвижным пальцем;  $T_2^e$  – натяжение нити после второго подвижного пальца;  $i$  – порядковый номер подвижного пальца;  $n$  – количество подвижных пальцев;  $R_i$  – равнодействующая сила, действующая на  $i$ -й подвижный палец;  $2\alpha$  – угол охвата нитью пальцев, рад (одинаковый для всех пальцев: подвижных и неподвижных);  $\gamma$  – угол наклона нити к равнодействующей  $R_i$ ;  $\phi$  – коэффициент трения нити о пальцы нитенатяжителя;  $W$  – усилие, приложенное к подвижным пальцам, (подвижные пальцы жестко связаны друг с другом);  $\beta=2\phi\alpha$  – (замена переменных).

В соответствии с известной формулой Эйлера (рис. 1):

$$\begin{aligned} T_1^i &= \dot{O}_i e^{\beta}, \\ T_1^e &= \dot{O}_1^i e^{\beta} = \dot{O}_i e^{\beta} e^{\beta} = \dot{O}_i e^{2\beta}, \\ T_2^i &= \dot{O}_1^e e^{\beta} = \dot{O}_i e^{2\beta} e^{\beta} = \dot{O}_i e^{3\beta}, \\ T_2^e &= \dot{O}_2^i e^{\beta} = \dot{O}_i e^{3\beta} e^{\beta} = \dot{O}_i e^{4\beta}. \end{aligned}$$

Таким образом, натяжение перед  $i$ -м подвижным пальцем равно:

$$T_i^f = \dot{O}_i e^{(2i-1)2\phi\alpha}.$$

После  $i$ -го подвижного пальца:

$$T_i^e = \dot{O}_i e^{2i \cdot 2\phi\alpha}.$$

После  $n$ -го (последнего) подвижного пальца:

$$T_n^e = \dot{O}_n e^{4n\phi\alpha}. \quad (1)$$

По уравнению (1), решив его относительно  $\alpha$ , можно определить угол  $\alpha$ , который при заданном количестве подвижных пальцев ( $n$ ), коэффициенте трения нити о

$$\begin{aligned} R_1 &= \dot{O}_1^f \sin \alpha + \dot{O}_1^e \sin \alpha = \sin \alpha (\dot{O}_1^f + \dot{O}_1^e) = \sin \alpha (\dot{O}_1 \dot{a}^\beta + \dot{O}_1 \dot{a}^{2\beta}) = \dot{O}_1 \sin \alpha (\dot{a}^\beta + \dot{a}^{2\beta}), \\ R_2 &= \dot{O}_2^f \sin \alpha + \dot{O}_2^e \sin \alpha = \sin \alpha (\dot{O}_2^f + \dot{O}_2^e) = \sin \alpha (\dot{O}_1 \dot{a}^{3\beta} + \dot{O}_1 \dot{a}^{4\beta}) = \dot{O}_1 \sin \alpha (\dot{a}^{3\beta} + \dot{a}^{4\beta}), \\ R_i &= \dot{O}_i \sin \alpha (\dot{a}^{(2i-1)\beta} + \dot{a}^{2i\beta}). \end{aligned}$$

Исходя из этого усилие  $W$ , приложен-

пальцы ( $\phi$ ) и начальном натяжении нити ( $\dot{O}_i$ ) позволит получить конечное натяжение ( $T_n^e$ ):

$$\alpha = \frac{1}{4i\phi} \ln \frac{T_n^e}{\dot{O}_i}. \quad (2)$$

Однако в гребенчатом нитенатяжителе нельзя задать угол  $\alpha$ , он задается усилием ( $W$ ), прилагаемым к подвижным пальцам. Оно определяется из равновесия сил, приложенных к подвижным пальцам.

Необходимо при этом учесть, что

$$\gamma = 90^\circ - \alpha, \quad \cos \gamma = \cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha.$$

Равнодействующие от натяжения ветвей нити  $R_i$  на подвижные пальцы равны

ное к подвижным пальцам, равно:

$$W = \sum_{i=1}^{i=n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) = \dot{O}_1 \sin \alpha \sum_{i=1}^n (\dot{a}^{(2i-1)\beta} + \dot{a}^{2i\beta}).$$

Учитывая, что

$$\dot{a}^{(2i-1)\beta} + \dot{a}^{2i\beta} = \frac{\dot{a}^{2i\beta}}{\dot{a}^\beta} + \dot{a}^{2i\beta} = \dot{a}^{2i\beta} \left( \frac{1}{\dot{a}^\beta} + 1 \right),$$

а также, что  $\beta = 2\phi\alpha$ , уравнение по определению  $W$  принимает вид:

$$W = \dot{O}_1 \sin \alpha \left( \frac{1}{e^{2\phi\alpha}} + 1 \right) \sum_{i=1}^i \dot{a}^{2i \cdot 2\phi\alpha}. \quad (3)$$

Уравнение (3) позволяет найти усилие, которое нужно приложить к подвижным пальцам нитенатяжителя ( $W$ ), чтобы получить угол изгиба нити в пальцах нитенатяжителя ( $\alpha$ ) при заданном количестве подвижных пальцев ( $n$ ), натяжении нити на входе в ( $T_n$ ) и коэффициенте трения нити о пальцы нитенатяжителя ( $\phi$ ).

Расчет ведется следующим образом.

По уравнению (2) при известных характеристиках нитенатяжителя ( $n$ ) и ( $\phi$ ) и начальном натяжении ( $T_n$ ), а также конечном натяжении  $T_i^e$ , которое нужно получить на выходе нитенатяжителя, определяется угол  $\alpha$ , подставляется в уравнение (3) и определяется  $W$ .

Например. Заданы параметры нитенатяжителя:  $n = 3$ ,  $\phi = 0,2$ . Начальное (входное) натяжение нити  $T_i = 5$  сН. Следует определить угол  $\alpha$ , при котором конечное натяжение  $T_n^e$  будет 13 сН и усилие ( $W$ ), которое обеспечит такой угол  $\alpha$ .

Чтобы получить конечное натяжение  $T_n^e$  равное 13 сН, по уравнению (2) определяется необходимый угол:

$$\alpha = \frac{1}{4i\phi} \ln \frac{\dot{O}_n^e}{\dot{O}_i} = \frac{1}{4 \cdot 3 \cdot 0,2} \ln \frac{13}{5} = 0,40 \text{ рад}.$$

Значение угла  $\alpha$  подставляется в уравнение (3) и определяется необходимое усилие (W):

$$W = \dot{O}_i \sin \alpha \left( \frac{1}{e^{2\phi\alpha}} + 1 \right) \sum_1^n e^{2i-2\phi\alpha} = 5 \cdot 0,389 \left( \frac{1}{a^{0,16}} + 1 \right) (a^{0,32} + a^{0,64} + a^{0,96}) = 21,2 \text{ нН}.$$

Таким образом, в нитенатяжителе с заданными параметрами необходимо к подвижным пальцам приложить усилие 21,2 сН. Учитывая конструкцию гребенчатых нитенатяжителей, угол  $\alpha$  может меняться в пределах от 0 до 1,5 рад.

## ВЫВОДЫ

Уравнения (2) и (3) позволяют определить усилие, которое нужно приложить к подвижным пальцам, чтобы получить заданное натяжение на выходе нитенатяжителя.

Рекомендована кафедрой технологии тканей и трикотажа. Поступила 29.09.09.