

**О РАСЧЕТЕ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ
В ГРЕБЕНЧАТОМ НИТЕНАТЯЖИТЕЛЕ**

**ON THE ACCOUNT OF THREAD TENSION
IN A FINGER TENSION DEVICE**

В.Л. МАХОВЕР, Э.А. ОНИКОВ
V.L. MAHOVER, E.A. ONIKOV

(Ивановская государственная текстильная академия,
Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)
(Ivanovo State Textile Academy,
Russian Correspondence Institute of Textile and Light Industry)
E-mail: ttp@igta.ru; texleg@ruszitlp.ru.

В статье получены упрощенная и обобщенная формулы, устанавливающие зависимость суммарного усилия, приложенного к подвижным пальцам гребенчатого нитенатяжителя, от натяжения нити на его входе и выходе. При этом соответствующие безразмерные величины представляют собой отношения размерных величин к входному натяжению нити.

Simplified and generalized formulas determining dependence of a total effort, enclosed to the mobile fingers of a finger tension device, on a yarn tension in its input and output are received in the article. Thus appropriate dimensionless rates represent relations of dimensional rates to the input thread tension.

Ключевые слова: гребенчатый нитенатяжитель, натяжение нити, расчет параметров, критерии подобия.

Keywords: a finger tension device, thread tension, parameters calculation, similarity criteria.

Ранее в [1] получена формула (3), которую с учетом замены:

$$2\varphi\alpha = \beta \quad (1)$$

можно записать в виде:

$$W = T_n \sin\alpha \left(\frac{1}{e^\beta} + 1 \right) \sum_{i=1}^n e^{2i\beta}, \quad (2)$$

где согласно рис. 1 [1]: W – усилие, приложенное к подвижным пальцам гребенчатого нитенатяжителя (подвижные пальцы жестко связаны друг с другом); T_n – начальное натяжение нити на входе нитенатяжителя; 2α – угол охвата нитью

пальцев, рад (одинаковый для всех пальцев: подвижных и неподвижных); φ – коэффициент трения нити о пальцы; n – общее количество подвижных пальцев.

Проведем преобразования этой формулы, приводящие ее к более простому и удобному виду.

Во-первых, замечаем, что входящая в (2) сумма:

$$\sum_{i=1}^n e^{2i\beta} = e^{2\beta} + e^{4\beta} + e^{6\beta} + \dots + e^{2n\beta}$$

представляет собой возрастающую геометрическую прогрессию со знаменателем:

$$q = e^{2\beta}. \quad (3)$$

Поэтому:

$$\sum_{i=1}^n e^{2i\beta} = \sum_{i=1}^n q^i = q + q^2 + \dots + q^n = \frac{q(q^n - 1)}{q - 1}. \quad (4)$$

Из (3) $e^{\beta} = \sqrt{q}$, и формулу (2) можно записать так:

$$W = T_n \left(\frac{1}{\sqrt{q}} + 1 \right) \frac{q(q^n - 1)}{q - 1} \sin \alpha.$$

Или

$$W = T_n (\sqrt{q} + q) \frac{q^n - 1}{q - 1} \sin \alpha. \quad (5)$$

Здесь

$$\frac{\sqrt{q} + q}{q - 1} = \sqrt{q} \frac{1 + \sqrt{q}}{(\sqrt{q} - 1)(\sqrt{q} + 1)} = \frac{\sqrt{q}}{\sqrt{q} - 1} = \frac{1}{1 - \frac{1}{\sqrt{q}}}.$$

$$\ln q = 2\beta = 2 \cdot 2\varphi\alpha = 4\varphi \frac{1}{4n\varphi} \ln \frac{T_n^k}{T_n} = \frac{1}{n} \ln \Pi_1 = \ln \Pi_1^{\frac{1}{n}}. \quad (8)$$

Отсюда:

$$q = \Pi_1^{\frac{1}{n}}. \quad (9)$$

Поэтому формула (2) принимает вид:

$$W = T_n \frac{q^n - 1}{1 - \frac{1}{\sqrt{q}}} \sin \alpha. \quad (6)$$

По исходным данным $n = 3$; $\varphi = 0,2$; $T_n = 5$ сН; $T_n^k = T_3^k = 13$ сН и $\alpha = 0,4$ рад, приведенным в [1], усилие W по формуле (2) получено равным 21,2 сН. По упрощенной формуле (6) имеем:

$$W = 5 \frac{1,377^3 - 1}{1 - \frac{1}{\sqrt{1,377}}} \sin 0,4 = 21,2 \text{ сН},$$

где согласно (3) и (1) $q = e^{2 \cdot 2\varphi\alpha} = e^{2 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 0,4} = e^{0,32} = 1,377$.

Как видим, результаты расчета по формуле (2) и упрощенной формуле (6) совпадают.

С целью обобщения выражения (6) введем в рассмотрение безразмерные величины:

$$\Pi = \frac{W}{T_n}, \quad \Pi_1 = \frac{T_n^k}{T_n}, \quad (7)$$

где T_n^k – натяжение нити на выходе гребчатого нитенатяжителя (после конечного n -го подвижного пальца [1 (рис. 1)]).

Тогда из (3), (1) и формулы [1 (2)] будем иметь:

После подстановки этого выражения в формулу (6) последняя, с учетом обозначений (7), будет:

$$\Pi = \frac{\Pi_1 - 1}{1 - \frac{1}{\sqrt[2n]{\Pi_1}}} \sin \alpha. \quad (10)$$

Согласно [1 (2)] и второй безразмерной величине (7) угол:

$$\alpha = \frac{1}{4n\varphi} \ln \frac{T_n^k}{T_n} = \frac{\ln \Pi_1}{4n\varphi}. \quad (11)$$

Таким образом, в итоге получаем две формулы (10) и (11). При любых фиксированных значениях n и φ уравнение (10) включает в себя всевозможные частные случаи выражения (2) и в этом смысле является его обобщением. Безразмерные комплексы Π и Π_1 являются критериями

подобия процессов создания натяжения нити гребенчатым нитенатяжителем.

Согласно [2] угол α находится в пределах: $0,1 \leq \alpha \leq 1,5$ рад. Из выражения (11) это ограничение сводится к выполнению неравенств:

$$e^{0,4n\varphi} \leq \Pi_1 \leq e^{6n\varphi}. \quad (12)$$

В табл. 1 в качестве примера представлены результаты расчетов по формулам (10) и (11) с учетом (12).

Т а б л и ц а 1

Π_1	$n = 3$				$n = 5$			
	$\varphi = 0,2$		$\varphi = 0,4$		$\varphi = 0,2$		$\varphi = 0,4$	
	α , рад	Π	α , рад	Π	α , рад	Π	α , рад	Π
2	0,288	2,61	0,144	1,32	0,173	2,57	–	–
4	0,578	7,94	0,289	4,14	0,346	7,87	0,173	3,99
6	0,746	13,15	0,373	7,06	0,448	13,20	0,224	6,77
8	0,866	18,21	0,433	10,03	0,520	18,52	0,260	9,58
10	0,960	23,12	0,480	13,03	0,576	23,82	0,288	12,42
15	1,128	34,83	0,564	20,61	0,677	36,97	0,338	19,60
20	1,248	45,85	0,624	28,25	0,749	49,97	0,374	26,84
30	1,417	66,23	0,708	43,61	0,850	75,58	0,425	41,48

Можно заметить, что формула (10) является более компактной по сравнению с формулой (2), так как не содержит суммы слагаемых экспонент.

ВЫВОДЫ

1. Найдено упрощение (6) ранее полученной формулы [1 (2)] для расчета усилия, приложенного к подвижным пальцам гребенчатого нитенатяжителя.

2. Получены обобщенные формулы (10) и (11), выражающие взаимосвязь между безразмерными критериями подобия процессов в гребенчатом нитенатяжителе.

3. Уравнения (10) и (11) позволяют существенно упростить анализ изменения

натяжения нити в гребенчатом нитенатяжителе в зависимости от определяющих параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Оников Э.А.* Расчет натяжения нити в гребенчатом нитенатяжителе // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №6. С.53...55.

2. *Оников Э.А., Шаронова И.М.* Зависимость выходного натяжения в гребенчатом нитенатяжителе от усилия, приложенного к подвижным пальцам // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 1.С. 53...56.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных изделий ИГТА. Поступила 19.09.11.