

**ЗАВИСИМОСТЬ ВЫХОДНОГО НАТЯЖЕНИЯ  
В ГРЕБЕНЧАТОМ НИТЕНАТЯЖИТЕЛЕ  
ОТ УСИЛИЯ, ПРИЛОЖЕННОГО К ПОДВИЖНЫМ ПАЛЬЦАМ**

**DEPENDENCE OF AN OUTPUT TENSION  
IN A FINGER TENSION DEVICE  
ON THE EFFORT MADE TO THE ROLLING FINGERS**

Э.А. ОНИКОВ, И.М. ШАРОНОВА  
E.A. ONIKOV, I.M. SHARONOV

(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)  
(Russian Correspondence Institute of Textile and Light Industry)  
E-mail: texleg@ruszitlp.ru.

*В статье приведены результаты расчетов по определению усилия, прилагаемого к подвижным пальцам гребенчатого нитенатяжителя, для получения на выходе нитенатяжителя необходимой величины натяжения нити. Расчеты проведены при различном значении входного натяжения, количества подвижных пальцев и коэффициенте трения нити о пальцы нитенатяжителя.*

*The results of accounts of the determination of the effort applied on the rolling fingers of a yarn tension device for production the necessary rate of a yarn tension on a yarn tension device yield, are shown in the paper. Accounts are carried out under a various value of an input tension, quantity of rolling fingers and the coefficient of a thread friction on the fingers of a yarn tension device.*

**Ключевые слова:** гребенчатый нитенатяжитель, подвижные пальцы, выходное натяжение, начальное натяжение, параметры нитенатяжителя, аппроксимация зависимостей.

**Keywords:** finger tension device, rolling fingers, an output tension, a starting tension, yarn tension device parametres, approximation of dependences.

Ниже приведены уравнения из [1], по которым определялись зависимости между конечным натяжением на выходе из нитенатяжителя ( $T_n^k$ ) и усилием, приложенным к подвижным пальцам нитенатяжителя ( $W$ ), при заданном начальном натяжении ( $T_n$ ), коэффициенте трения нити о пальцы нитенатяжителя ( $\phi$ ), количестве подвижных пальцев нитенатяжителя ( $n$ ) и искомом угле охвата нитью пальцев нитенатяжителя ( $2\alpha$ ). По конструкции нитенатяжителей угол охвата нитью пальцев ( $2\alpha$ ) может обычно увеличиваться до 170 градусов или до 3 радиан, а угол  $\alpha$  – до 1,5 радиан.

$$\alpha = \frac{1}{4n\phi} \ln \frac{T_n^k}{T_n}, \quad (1)$$

$$W = T_n \sin \alpha \left( \frac{1}{e^{2\phi\alpha}} + 1 \right) \sum_1^n e^{2i-2\phi\alpha}. \quad (2)$$

Для определения угла ( $\alpha$ ) в уравнение (1) подставляется искомое значение конечного натяжения ( $T_n^k$ ), значение начального натяжения ( $T_n$ ), величина коэффициента трения нити о пальцы нитенатяжителя ( $\phi$ ) и количество подвижных пальцев ( $n$ ). Найденное значение ( $\alpha$ ) подстав-

ляется в уравнение (2) и определяется усилие, которое нужно приложить к подвижным пальцам ( $W$ ), чтобы получить искомое значение конечного натяжения ( $T_n^k$ ).

Определение зависимостей изменения выходного натяжения от изменения исходных величин проводилось путем варьирования одной из исходных величин при средних значениях остальных исходных величин.

Для определения зависимостей изменения выходного натяжения от изменения исходных величин приняты следующие пределы их варьирования. Начальное натяжение ( $T_H$ ) от 2 до 8 сН с шагом 1 сН, количество подвижных пальцев от 3 до 8 с шагом 1 и коэффициент трения нити от 0,2 до 0,7 с шагом 0,1. При этом задавались искомыми величинами выходного натяжения: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 сН с шагом 5 сН. Вычисления выполнялись с использованием Excel, Visual Basic for Application, Scilab. При каждом значении  $T_H$  составлялись таблицы значений  $T_n^k$ ,  $W$  и угла  $\alpha$ . Пример одной из них при  $T_H=2$  сН приведен в табл. 1. Построение зависимо-

стей между  $W$ ,  $T_n^k$  и  $\alpha$  проводилось в трех вариантах. Полученные зависимости приведены на рис. 1...3: рис. 1 – результаты расчета по варианту 1; рис. 2 – по варианту 2; рис. 3 – по варианту 3.

Т а б л и ц а 1

w	$T_n^k$	$\alpha$
14,7	10	0,447
24,196	15	0,559
33,71	20	0,639
43,206	25	0,701
53,671	30	0,752
62,098	35	0,795
71,485	40	0,832

В варианте 1 определялось значение  $W$  и  $\alpha$  для получения выходного натяжения:  $T_n^k=10, 15, 20, 25, 30, 35, 40$  сН при значениях  $\phi=0,3$ ,  $n=3$  и при варьировании начального натяжения  $T_H$  от 2 до 8 сН. (Изда особенностей мастера диаграмм Excel на рисунках конечное натяжение  $T_n^k$  обозначено в виде  $T_{kn}$ , начальное натяжение  $T_H$  – в виде  $T_n$ , коэффициент трения нити  $\phi$  – в виде  $f_i$ ).

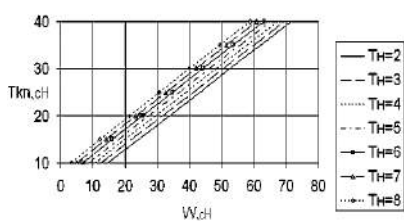


Рис. 1

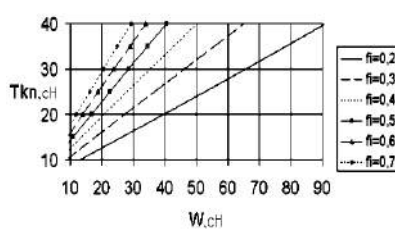


Рис. 2

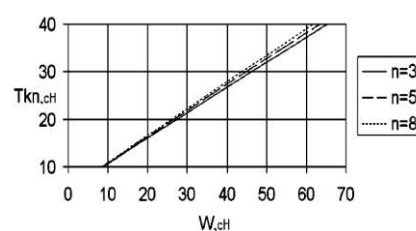


Рис. 3

В варианте 2 определялись значения  $W$  и  $\alpha$ , необходимые для получения выходного натяжения:  $T_n^k=10, 15, 20, 25, 30, 35, 40$  сН при  $n=3$ ;  $T_H=5$  сН и при варьировании коэффициента трения от  $\phi=0,2$  до  $\phi=0,7$ .

В варианте 3 определялись значения  $W$  и  $\alpha$  для получения выходного натяжения:  $T_n^k=10, 15, 20, 25, 30, 35, 40$  сН при  $\phi=0,3$ ;

$T_H=5$  сН и при варьировании количеством подвижных пальцев ( $n$ ) от 3 до 8.

Аппроксимация зависимости:  $W = f(T_H, \phi, n, T_n^k)$ .

После обработки с помощью метода наименьших квадратов данных, вычисленных по приведенным выше формулам, получена линейная математическая модель зависимости  $W$  от  $T_n^k$ ,  $T_H$ ,  $n$ :

$$W_{\text{модель}} = c_1 + c_2 T_H + c_3 T_n^k + c_4 n \quad \phi = \text{const.} \quad (3)$$

Конкретный нитенатяжитель имеет всегда постоянное значение  $\phi$ , поэтому в модели зависимость  $W$  от  $\phi$  не учитывается. В расчетах влияние случайных факторов не исследовалось, была использована детерминированная модель.

$$\delta\% = \frac{|W(T_H, \phi, n, T_n^k) - W_{\text{модель}}(T_H, \phi, n, T_n^k)|}{W(T_H, \phi, n, T_n^k)}. \quad (4)$$

Эта ошибка вычисляется здесь на выбранной сетке значений входных параметров модели  $T_n^k$ ,  $T_H$ ,  $n$ , затем определяется ее максимальная величина.

Величины коэффициентов  $c_i$ , параметра  $\phi$  и максимальной локальной ошибки  $\delta\%$  для линейной модели (3) представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

$\phi$	$\delta\%$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$
0,2	8,2	-0,70131	-2,565	2,6205	0,08713
0,3	5,45	2,8385	-2,0922	1,8394	-0,48222
0,4	2,34	2,5421	-1,6261	1,3812	-0,37026

При  $\phi = 0,2 \div 0,4$  ошибка не превышает 8,2% и с увеличением  $\phi$  уменьшается. Зависимость функции  $W$  от всех параметров, кроме  $\phi$ , практически линейная и для вычислений можно использовать линейную модель (3).

При вычислении коэффициентов модели учитывались ограничения на угол  $\alpha$ :  $0,1 \leq \alpha \leq 1,5$ . Модель получена для области значений параметров, описываемой неравенствами:  $2 \leq T_H \leq 8$ ,  $3 \leq n \leq 8$ ,  $20 \leq \alpha \leq 40$ .

В табл. 3 приведены результаты расчета значений функции  $W$  по формулам (1), (2) и по линейной модели (3) для  $T_H = 5$  сН,  $n = 5$  и  $\phi = 0,2$ .

Качество такой модели можно оценивать по величине максимальной локальной ошибки  $\delta\%$  (4), которая равна разности значения  $W(T_H, \phi, n, T_n^k)$ , найденного по формуле (2), и значения  $W_{\text{модель}}(T_H, \phi, n, T_n^k)$ , полученного по формуле (3), отнесенной к вычисленному по формуле (2) значению:

Т а б л и ц а 3

$T_n^k$	Расчет по формулам	Расчет по модели
15	26,7	26,22
20	39,36	39,32
25	52,68	52,42
30	66,01	65,52
35	79,32	78,63
40	92,61	91,73

Обозначив общее количество пальцев  $n_1 = 2n$ , формулу Эйлера можно представить в следующем виде:

$$e^{\phi n_1 2\alpha} = \frac{T_n^k}{T_H}.$$

По этой формуле можно легко установить, во сколько раз максимально может быть увеличено начальное натяжение нити при заданном коэффициенте трения и количестве подвижных пальцев, учитывая, что угол  $2\alpha$  не может быть больше 3 радиан. Например, пусть в нитенатяжителе  $\phi = 0,2$ ,  $n = 2$  ( $n_1 = 2n$ ) и  $2\alpha = 3$ , начальное натяжение  $2cH$  может быть увеличено только в 11 раз, то есть до 22 сН:

$$\frac{T_n^k}{T_H} = e^{\phi 2n 2\alpha} = e^{0,2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3} = 11.$$

Если необходимо в большей степени увеличить натяжение 2 сН, можно, используя 3 пальца вместо 2, довести натяжение максимум до 73,2 сН.

$$\frac{T_n^k}{T_H} = e^{\phi 2n 2\alpha} = e^{0,2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3} = 36,6.$$

## ВЫВОДЫ

1. Проведенные расчеты позволили определить характер зависимости между натяжением нити на выходе гребенчатого нитенатяжителя и усилием, приложенным к подвижным пальцам, при различных параметрах нитенатяжителя.

2. Аппроксимация полученных зависимостей позволила выразить эти зависимости в виде приведенного выше линейного уравнения (3).

## ЛИТЕРАТУРА

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

Рекомендована кафедрой технологии тканей и трикотажа. Поступила 27.12.10.

---