

УДК 677.021.153

**ВЛИЯНИЕ НЕРОВНОТЫ ПО ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ  
НА НЕРАВНОМЕРНОСТЬ НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ ПРИ СНОВАНИИ**

**INFLUENCE OF LINEAR DENSITY UNEVENNESS  
ON IRREGULARITY OF THREADS TENSION WHEN WARPING**

*А.Б. ИШМАТОВ, П.Н. РУДОВСКИЙ*  
*A.B. ISHMATOV, P.N. RUDOVSKY*

(Костромской государственный технологический университет,  
Технологический университет Таджикистана)  
(Kostroma State Technological University,  
Technological University of Tajikistan)

E-mail: ishmat\_0405@mail.ru; pavel\_rudovsky@mail.ru

*При сновании трощеных нитей снижается их разнотяннутость по сравнению с одиночными, что способствует повышению качества основ.*

*When warping of folded yarn its tension non-uniformity decreases in comparison with the single one, that promotes improvement of warps quality.*

**Ключевые слова:** натяжение, неравномерность натяжения, снование, линейная плотность.

**Keywords:** tension, tension irregularity, warping, linear density.

Одной из причин неравномерности натяжения одновременно снующихся нитей является переменная масса самой нити. Переменность массы нитей шелка-сырца при сновании, которая вызывает разнотяннутость одновременно снующихся нитей, обусловлена двумя факторами: неровнотой самой нити и расположением бобин по глубине шпулярика, то есть длиной "свободно" движущегося участка нити.

Установлено [1], что неровнота нитей шелка-сырца формируется из неровноты коконных нитей и отклонения числа коконных нитей в нити шелка-сырца от заданного в процессе кокономотания. Так, например, при заданном числе коконов в "розе" 7 (шелк-сырец 2,33 текс), допустимым является от 6 до 8 коконов [2]. Это означает, что уже в процессе формирования нити шелка-сырца возможно возникновение неровноты по линейной плотности порядка 20...30%. Если произойдет обрыв или сход еще одной коконной нити, то отклонение линейной плотности на определенном участке нити шелка-сырца составит более 40%.

Оценим влияние неровноты нити по линейной плотности на ее натяжение. Неравномерность натяжения возникает на самом начальном этапе – сходе нити с паковки. Требуемая для этого сила натяжения зависит от положения точки сматывания на паковке и от характеристик баллона. Для дальнейшего анализа будем считать, что натяжение сматывания стабильно. Нить представляет собой цепную линию с малой стрелой прогиба  $f$  (рис. 1 – расположение нити на шпулярике сновальной машины).

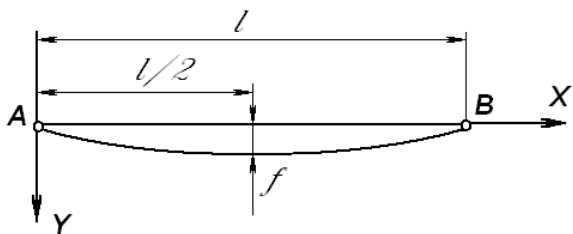


Рис. 1

Уравнения равновесия для такой нити имеют вид [1]:

$$T \frac{dx}{ds} = H = \text{const}, \quad (1)$$

$$\frac{d}{ds} \left( T \frac{dy}{ds} \right) + P_y = 0, \quad (2)$$

где  $T$  – натяжение нити;  $H$  – проекция натяжения на горизонтальную ось  $X$ ;  $P_y$  – проекция активных сил на ось  $Y$ .

Если распределение массы нити по длине известно и задано в виде функции  $m=m(x)$ , где  $m$  – масса единицы длины (линейная плотность), то

$$P_y = g m(x) \frac{dx}{ds}, \quad (3)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

Из уравнения (1):

$$T = H \frac{ds}{dx}. \quad (4)$$

Подставив (3) и (4) в (2), получим дифференциальное уравнение равновесия нерастяжимой нити, находящейся под действием вертикальной нагрузки, распределенной по горизонтали произвольным образом:

$$d \left( H \frac{dy}{dx} \right) + g m(x) dx = 0. \quad (5)$$

Для случая, когда  $m(x)=\text{const}$ , его решение имеет вид [1]:

$$y = \frac{C_1}{H} x - \frac{m g}{2H} x^2 + C_2. \quad (6)$$

Это уравнение параболы. Определим значения произвольных констант.

Для этого найдем значение  $x$ , соответствующее вершине параболы. Для чего вычислим производную и приравняем ее нулю:

$$y' = \frac{C_1}{H} - \frac{m g}{H} x = 0. \quad (7)$$

Отсюда  $x = \frac{C_1}{mg}$ , однако из соображений симметрии вершина параболы должна располагаться в середине пролета, то есть  $x = \ell/2$ . Окончательно для  $C_1$  получим:

$$C_1 = \frac{mg}{2}. \quad (8)$$

То есть

$$y = \frac{mg}{2H} (x - x^2) + C_2. \quad (9)$$

$C_2=0$  найдем из граничных условий при  $x=0, y=0$ .

Окончательно уравнение цепной линии с малой стрелой прогиба будет иметь вид:

$$y = \frac{mg}{2H} (x - x^2). \quad (10)$$

Подставляя  $x = \ell/2$ , найдем стрелу прогиба:

$$f = \frac{mg^2}{8H}. \quad (11)$$

Определим распределение натяжения по длине нити. Его можно определить из (4). Учитывая, что для нитей с малой стрелой прогиба угол между касательной к нити и горизонталью мал и  $|\operatorname{tg}\alpha| = |y'| \gg 1$ , можно записать:

$$ds = \sqrt{1 + y'^2} dx \approx \left(1 + \frac{1}{2}y'^2\right) dx. \quad (12)$$

Подставим в (12) значение производной, полученной после дифференцирования (10):

$$\frac{ds}{dx} = 1 + \frac{1}{2} \left[ \frac{mg}{H} \left( \frac{-}{2} - x \right) \right]^2, \quad (13)$$

и получим

$$T = H + \frac{m^2 g^2}{2H} \left( \frac{-}{2} - x \right)^2, \quad (14)$$

Выразим  $H$  из (11) и подставим в (14). После очевидных преобразований получим:

$$T = mg \left[ \frac{^2}{8f} + \frac{4f}{^2} \left( \frac{-}{2} - x \right)^2 \right]. \quad (15)$$

Натяжение в крайних точках  $A$  и  $B$  при  $x=0$  или  $x = \ell/2$  в статике равны:

$$T_A = T_B = mg \frac{^2 + 8f^2}{8f}. \quad (16)$$

Из полученного выражения видно, что натяжение на границах участков нити даже в статике существенным образом зависит от линейной плотности нити.

В первом приближении движение нити в шпулярнике сновальной машины можно считать контурным. В [1] показано, что при контурном движении линии статического и кажущегося равновесным положений нити совпадают, а динамическое натяжение можно рассчитать по формуле:

$$T_{\text{дин}} = T_{\text{стат}} + mv^2, \quad (17)$$

где  $v$  – скорость движения нити.

В этой формуле статическим является натяжение, определенное по формулам (15) или (16). Таким образом, в случае движения нити влияние линейной плотности на натяжение увеличивается. Это объясняет экспериментально установленный факт снижения неравномерности натяжения нитей при уменьшении неровноты их по линейной плотности.

Нами проводились замеры натяжения нити в шпулярнике типа Ш-616 сновальной машины при подготовке основ из натурального шелка по двум вариантам. В первом (контрольном) использовали одиночные нити шелка-сырца линейной плотности 3,23 текс, а во втором – трощеные нити 3,23×3 текс, предназначенные для усовершенствованной технологии получения тканей крепдешин [2]. Неровнота по линейной плотности одиночных нитей 3,23 текс составляет 37...40%, а трощеных за счет троекратного сложения снижена до

20...25%. Разница в натяжении одиночных нитей шелка-сырца достигает 60% от среднего значения, а трощеных снижается на 15...20%.

Среднее значение натяжения трощеных нитей увеличивается на 30...40%. Это существенным образом не сказывается на физико-механических свойствах нитей, так как удельное натяжение остается неизменным.

Снижение неравномерности натяжения трощеных нитей является еще одним преимуществом подготовки основ усовершенствованной технологии [2].

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что неровнота нити по линейной плотности существенным об-

разом влияет на неравномерность натяжения при сновании.

2. Снование трощеных нитей при подготовке основ для тканей типа крепдешин позволяет снизить неравномерность натяжения нитей на 15...20%, что способствует повышению качества основ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Меркин Д.Р. Введение в механику гибкой нити. – М.: Наука, 1980.
2. Ишматов А.Б., Рудовский П.Н. Усовершенствованная технология получения крепдешина // Текстильная промышленность. – 2012.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов КГТУ. Поступила 03.04.12.