

УДК 677.021

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ
СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ ВОЛОКНИСТОЙ ЛЕНТЫ
ПРИ ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С БИЛОМ МОДИФИКАТОРА***

С.Н. РАЗИН

(Костромской государственной технологической университет)

В исследованиях взаимодействия нити с рабочими органами текстильных машин [1], [2], в частности, получены формулы, связывающие силу натяжения нити, взаимодействующей с шероховатой поверхностью, в сечениях ее набегания и сбегания для случаев стационарного и нестационарного движения нити.

В устройстве для модификации льняного волокна в ленте [3] лента, сформированная из короткого льняного волокна, взаимодействует с кромкой била, выполненной в виде цилиндрической поверхности (рис.1, где 1 – валковая пара; 2 – лента; 3 – кожух; 4 – рабочая камера; 5 – било).

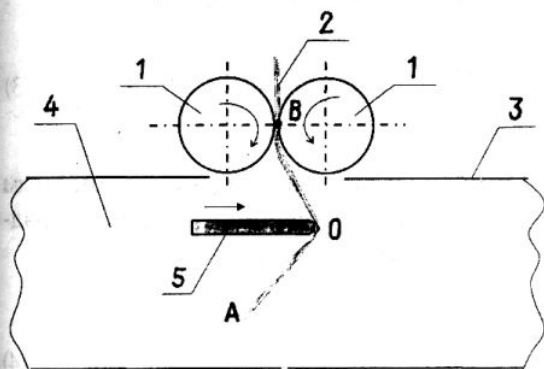


Рис. 1

В результате многократных воздействий от ленты отделяются отдельные во-

локна и их комплексы, вследствие чего профиль ленты принимает вид, показанный на рис. 2, где А, О, В – сечения ленты, соответствующие рис. 1; L – длина обрабатываемой ленты; h_0 , h_1 – толщина ленты соответственно в сечениях зажима и на свободном конце.

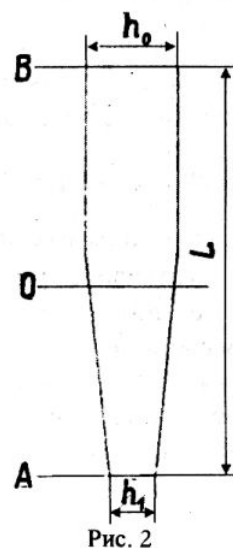


Рис. 2

В этом случае масса единицы длины ленты (линейная плотность γ) величина непостоянная и зависит от участка ленты, взаимодействующего с кромкой била. Будем считать, что способ определения натяжения ленты в сечении набегания извест-

* Окончание. Начало см. в №2 за 2004 г.

Работа выполнена при участии проф., докт. техн. наук Е.Л. Пашина.

тен. Определим силу натяжения ленты в сечении ее сбегания с кромки била в случае, когда лента неоднородна по линейной плотности.

Задачу будем решать при следующих допущениях: лента гибкая (жесткость на изгиб пренебрежимо мала) и имеет толщину, равную нулю. Применяя принцип Даламбера к элементу нити длиной ds (рис. 3 – представлены силы, действующие на элемент ленты), получим в проекциях на оси $\bar{\tau}$ и \bar{n} :

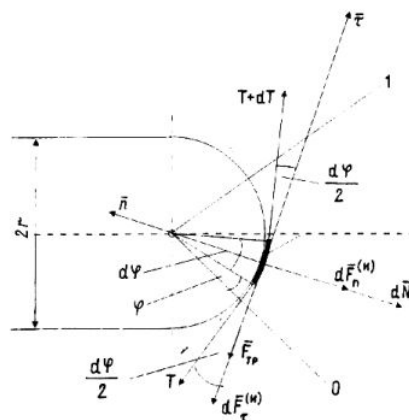


Рис. 3

$$\begin{cases} (T + dT) \cos \frac{d\varphi}{2} - T \cos \frac{d\varphi}{2} - F_{\text{тр}} - d\bar{F}_{\tau}^{(и)} = 0, \\ (T + dT) \sin \frac{d\varphi}{2} + T \sin \frac{d\varphi}{2} - d\bar{F}_n^{(и)} - dN = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения; dN – сила реакции; $d\bar{F}_n^{(и)} = dm v^2 / r$ – нормальная составляющая силы инерции; r – радиус кромки била; v – скорость движения ленты относительно кромки била; $d\bar{F}_{\tau}^{(и)} = dm a_r^{\tau}$ – тангенциальная составляющая силы инерции; a_r^{τ} – относительное касательное ускорение элемента ленты; сечения 1 и 0 – соответственно сечения сбегания и набегания.

Пренебрегая величинами выше второго порядка малости, получим более простой вид записи уравнений (1):

$$\begin{cases} dT = F_{\text{тр}} + dm a_r^{\tau}, \\ T d\varphi = dN + dm v^2 / r. \end{cases} \quad (2)$$

Выразим из (2) dN и учтем, что $F_{\text{тр}} = f dN$, а $\gamma = \gamma(\varphi)$. Тогда после некоторых преобразований получим

$$\frac{dT}{d\varphi} - fT = \gamma(\varphi)(a_r^{\tau} r - f v^2). \quad (3)$$

Данное уравнение является линейным неоднородным уравнением первого порядка. Решение его запишется так:

$$T = e^{f\varphi} \left[T_0 + \int_0^{\varphi} \gamma(\varphi)(a_r^{\tau} r - f v^2) e^{-f\varphi} d\varphi \right]. \quad (4)$$

Пусть, например, лента имеет закон изменения линейной плотности

$$\gamma(\varphi) = \gamma_0 + k\varphi,$$

где γ_0 – линейная плотность ленты в сечении набегания ленты на кромку била; k – коэффициент пропорциональности.

Такой закон изменения будет иметь место в случае, когда линейная плотность ленты на участке контакта с кромкой била

увеличивается от сечения набегания к сечению сбегания по линейному закону.

$$T_1 = T_0 e^{f\varphi} + \frac{(ra_r^\tau - fv^2)\gamma_0}{f} \left[(e^{f\varphi} - 1) \left(1 + \frac{k}{\gamma_0 f} \right) - \frac{k}{\gamma_0} \varphi \right]. \quad (5)$$

Представляет интерес случай, когда $f = 0$, так как коэффициент трения в (5) стоит в знаменателе. Найдя предел T_1 при $f \rightarrow 0$, получим

$$T_1 = T_0 + \left(\gamma_0 \varphi + \frac{k\varphi^2}{2} \right) ra_r^\tau.$$

Данная формула имеет простой физический смысл: сила натяжения в сечении сбегания, в случае отсутствия трения, складывается из силы натяжения в сечении набегания и силы инерции участка ленты, контактирующего с билом.

Если в (5) положить $k = 0$, то в случае, когда $a_r^\tau = 0$, получим известную формулу, связывающую силы натяжения в сечениях сбегания и набегания при стационарном движении гибкой нити по шероховатому цилиндру:

$$T_1 = (T_0 - \gamma_0 v^2) e^{f\varphi} + \gamma_0 v^2.$$

При $k = 0$, $a_r^\tau \neq 0$ имеем формулу для нестационарного движения:

$$T_1 = T_0 e^{f\varphi} + \frac{(ra_r^\tau - fv^2)\gamma_0}{f} (e^{f\varphi} - 1).$$

Выражение (5) можно представить в виде

$$T_1 = (T_0 - \mu v_1^2) e^{f\varphi} + (\mu + k\varphi) v_1^2,$$

где $v_1^2 = v^2 - \frac{ra_r^\tau}{f}$; $\mu = \gamma_0 + \frac{k}{f}$.

Выполнив интегрирование, окончательно из (4) имеем

Пусть в данный момент времени известны значения T_0 , v , φ , a_r^τ .

Примем их значения равными: $T_0 = 100$ Н; $v = 70$ м/с; $\varphi = 2$ рад; $a_r^\tau = 250000$ м/с². Кроме того, положим $\gamma_0 = 0,008$ г/м; $f = 0,25$; $k = 0,001$; $r = 0,001$ м. При данном значении коэффициента пропорциональности линейная плотность ленты в сечении сбегания будет равна $\gamma_1 = 0,012$ г/м.

Численные расчеты по формуле (5) – зависимость силы натяжения в ленте от различных радиусов кромки била – дают результаты, представленные на рис.4, где 1 – сила натяжения в сечении сбегания однородной ленты с $\gamma = 0,008$ г/м; 2 – сила натяжения в сечении сбегания неоднородной ленты с $\gamma_0 = 0,008$ г/м и $\gamma_1 = 0,012$ г/м; 3 – сила натяжения в сечении сбегания однородной ленты с $\gamma = 0,012$ г/м. Здесь же показаны графики изменения силы натяжения ленты в сечении ее сбегания с кромки била в случае однородной ленты с линейной плотностью γ_0 и γ_1 .

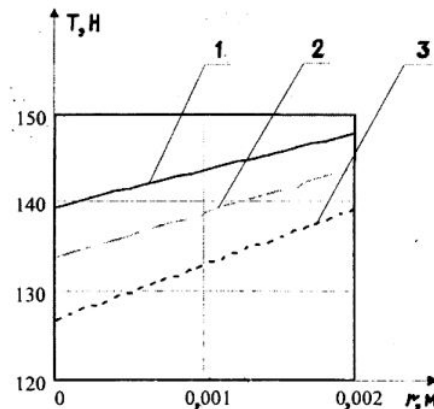


Рис. 4

Анализ результатов показывает, что учет неоднородности ленты по линейной плотности приводит к изменению результатов расчета натяжения ленты, например, при радиусе кромки била 1 мм на 4,3 %. При этом с уменьшением радиуса кромки процент отклонения увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Каган В.М.* Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
2. *Мигушов И.И.* Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.
3. *Разин С.Н., Пашин Е.Л.* Устройство для штапельирования льняного волокна в ленте // Патент на изобретение РФ №2178022, 7 D 01 G 1/00. – Оpubл. 2002. Бюл. № 1.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 14.10.03.
