

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ РЕГЕНЕРИРОВАННОГО ВОЛОКНА В ЗОНЕ ПРИЕМНОГО БАРАБАНА КОМБИНИРОВАННОЙ КОНЦЕРВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

Буткевич В.Г.; Завацкий Ю.А.

В настоящее время в мире уделяется большое внимание переработке текстильных отходов. Одной из основных операций технологической цепочки получения пряжи является процесс разработки в волокно отходов трикотажного лоскута и крутых концов пряжи, т.к. полученные регенерированные волокна по своим параметрам должны соответствовать натуральным волокнам, которые вкладываются в традиционные смеси.

В специальной литературе приводится математическое описание процесса разволокнения по условиям удержания волокна зубьями приемного и главного барабана с расчетом оптимальных скоростных режимов и геометрии зуба. Однако данная задача решается в статике, что не дает описания полной картины процесса разволокнения. В предлагаемой работе решена задача динамики, т.е. описано движение волокна при условии неизменности интенсивности и направления воздушного потока.

Для решения поставленной задачи введем систему координат $(X; Y)$ связанную с вращающимся приемным барабаном (рис. 1). Пусть m — масса движущегося волокна, $x(t)$, $y(t)$ — его текущие координаты: $x = \rho \cdot \sin \Delta$, $y = \rho \cdot \cos \Delta$.

Согласно теории относительного движения

$$m \cdot a^2 = \sum \bar{F} + \bar{\Phi}_c + \bar{\Phi}_k \quad (1)$$

Здесь $\sum \bar{F} = \bar{W}$ — сила давления воздушного потока (весом волокна пренебрегаем); $\bar{\Phi}_c$ — переносная сила инерции; $\bar{\Phi}_k$ — сила инерции Кориолиса.

Проектируя силы, описанные в уравнении (1) на оси $(X; Y)$ координат, получаем

$$\begin{aligned} m \cdot \bar{x} &= W_x + \Phi_{cx} + \Phi_{kx} \\ m \cdot \bar{y} &= W_y + \Phi_{cy} + \Phi_{ky} \end{aligned} \quad (2)$$

Находим проекции сил на оси X и Y

$$W_x = W \cdot \sin \eta, \quad W_y = -W \cdot \cos \eta \quad (3)$$

Силу давления воздушного потока находим из условия удержания волокна зубьями приемного барабана. Условия равновесия имеют вид ($F_{TP} = \mu N$)

$$\sum F_{x_i} = 0; \quad -W + N \cdot \cos \eta - \mu \cdot N \cdot \sin \eta = 0, \quad (4)$$

$$\sum F_{y_i} = 0; \quad \Phi_c - N \cdot \sin \eta - \mu \cdot N \cdot \cos \eta = 0. \quad (5)$$

Из (4) и (5) следует, что $W = N \cdot (\cos \eta - \mu \cdot \sin \eta)$, $\Phi_c = N \cdot (\sin \eta + \mu \cdot \cos \eta)$.

Отношение $\frac{W}{\Phi_c} = \frac{\cos \eta - \mu \cdot \sin \eta}{\sin \eta + \mu \cdot \cos \eta}$, но $\Phi_c = \omega^2 \cdot R$. Откуда

$$W = \Phi_c \cdot \frac{\cos \eta - \mu \cdot \sin \eta}{\sin \eta + \mu \cdot \cos \eta} = \omega^2 \cdot R \cdot \frac{\cos \eta - \mu \cdot \sin \eta}{\sin \eta + \mu \cdot \cos \eta} \quad (6)$$

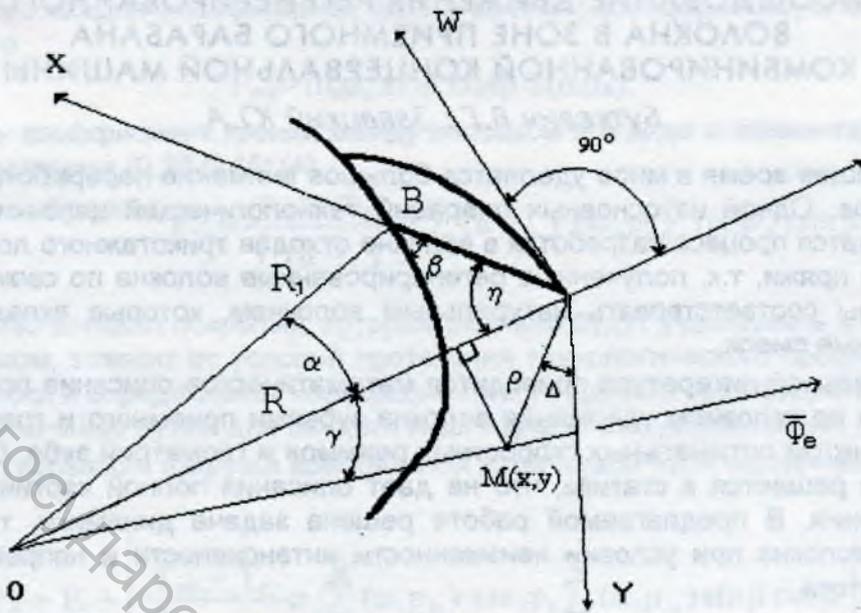


Рис. 1

Так как сила инерции волокна в произвольный момент времени $\overline{\Phi}_e = m \cdot \omega^2 \overline{r}$, ее проекции на оси (X;Y) координат равны

$$\begin{aligned} \Phi_{ex} &= -m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \cos \gamma \cdot \cos \eta \\ \Phi_{ey} &= -m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \cos \gamma \cdot \sin \eta \end{aligned} \quad (8)$$

Но

$$r \cos \gamma = R - \rho \sin(\Delta + \eta) = R - \rho(\sin \Delta \cdot \cos \eta + \sin \eta \cdot \cos \Delta) = R - (y \cdot \cos \eta + x \cdot \sin \eta).$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} \Phi_{ex} &= -m \cdot \omega^2 \cdot (R \cdot \cos \eta - y \cdot \cos^2 \eta - x \cdot \cos \eta \cdot \sin \eta) \\ \Phi_{ey} &= -m \cdot \omega^2 \cdot (R \cdot \sin \eta - x \cdot \sin^2 \eta - y \cdot \cos \eta \cdot \sin \eta) \end{aligned} \quad (9)$$

Сила инерции Кориолиса: $\overline{\Phi}_k = -2 \cdot m \cdot (\overline{\omega} \times \overline{V}_r)$. При этом $\overline{\omega} \perp \overline{V}_r$

$$\begin{aligned} \Phi_{kx} &= -2m\omega\overline{y} \\ \Phi_{ky} &= -2m\omega\overline{x} \end{aligned} \quad (10)$$

Подставляя (3,9,10) в уравнение движения, получим

$$\begin{aligned} \overline{x} + 2\omega \cdot x &= \omega^2 \cdot x \cdot \cos \eta \cdot \sin \eta + \omega^2 \cdot y \cdot \cos \eta + A \\ \overline{y} + 2\omega \cdot y &= \omega^2 \cdot y \cdot \cos \eta \cdot \sin \eta + \omega^2 \cdot x \cdot \sin^2 \eta + B \end{aligned} \quad (11)$$

$$x_{OH} = C_1 + C_2 \cdot e^{-2\omega \cdot t} + C_3 \cdot e^{\omega(\cos \eta + \sin \eta - 1) \cdot t} + C_4 \cdot e^{-\omega(\cos \eta + \sin \eta + 1) \cdot t} + \left(\frac{A}{4\omega} - \frac{B \cdot \operatorname{ctg} \eta}{4\omega} \right) \cdot t, \quad (15)$$

используя которое получим решение y_{OH} :

$$y_{OH} = -\operatorname{tg} \eta \cdot C_1 - \operatorname{tg} \eta \cdot C_2 \cdot e^{-2\omega \cdot t} + \operatorname{tg} \eta \cdot C_3 \cdot e^{\omega(\cos \eta + \sin \eta - 1) \cdot t} + \operatorname{tg} \eta \cdot C_4 \cdot e^{-\omega(\cos \eta + \sin \eta + 1) \cdot t} + \left(\frac{B}{4 \cdot \omega} - \frac{A \cdot \operatorname{tg} \eta}{4 \cdot \omega} \right) \cdot t - \frac{A}{2\omega^2 \cdot \cos^2 \eta} - \frac{B}{2\omega^2 \cdot \cos \eta \cdot \sin \eta} \quad (16)$$

В результате нахождения C_1, C_2, C_3, C_4 из (13) решение исходной системы (11), соответствующее начальным условиям (13), будет иметь вид:

$$\begin{cases} x = C_1 + C_2 \cdot e^{-2\omega \cdot t} + C_3 \cdot e^{\omega(\cos \eta + \sin \eta - 1) \cdot t} + C_4 \cdot e^{-\omega(\cos \eta + \sin \eta + 1) \cdot t} + \left(\frac{A}{4\omega} - \frac{B \cdot \operatorname{ctg} \eta}{4\omega} \right) \cdot t \\ y = -\operatorname{tg} \eta \cdot C_1 - \operatorname{tg} \eta \cdot C_2 \cdot e^{-2\omega \cdot t} + \operatorname{tg} \eta \cdot C_3 \cdot e^{\omega(\cos \eta + \sin \eta - 1) \cdot t} + \operatorname{tg} \eta \cdot C_4 \cdot e^{-\omega(\cos \eta + \sin \eta + 1) \cdot t} + \left(\frac{B}{4 \cdot \omega} - \frac{A \cdot \operatorname{tg} \eta}{4 \cdot \omega} \right) \cdot t - \frac{A}{2\omega^2 \cdot \cos^2 \eta} - \frac{B}{2\omega^2 \cdot \cos \eta \cdot \sin \eta} \end{cases}, \quad (17)$$

где $\lambda_3 = \omega(\cos \eta + \sin \eta - 1)$; $\lambda_4 = -\omega(\cos \eta + \sin \eta + 1)$;

$$C_1 = \frac{R \cdot \sin \eta}{2} - \frac{R}{4 \sin \eta} + \frac{B(\cos \eta \cdot \sin \eta - 2)}{8\omega^2 \cdot \sin^2 \eta} - \frac{A(\cos \eta \cdot \sin \eta + 2)}{8\omega^2 \cdot \sin \eta \cdot \cos \eta},$$

$$C_2 = \frac{R}{4 \sin \eta} - \frac{R \cdot \sin \eta}{2} + \frac{A}{8\omega^2} - \frac{B \cdot \operatorname{ctg} \eta}{8\omega^2},$$

$$C_3 = \frac{A(\cos \eta \cdot \sin \eta + 1)}{8\omega^2 \cdot \sin \eta \cdot \cos \eta \cdot (\cos \eta + \sin \eta)} + \frac{B(\cos \eta + \sin \eta + 1)}{8\omega^2 \cdot (\cos \eta + \sin \eta) \sin^2 \eta} + \frac{R}{4 \sin \eta \cdot (\cos \eta + \sin \eta)}$$

$$C_4 = \frac{A(\cos \eta \cdot \sin \eta - 1)}{8\omega^2 \cdot \sin \eta \cdot \cos \eta \cdot (\cos \eta + \sin \eta)} + \frac{B(\cos \eta + \sin \eta - 1)}{8\omega^2 \cdot (\cos \eta + \sin \eta) \sin^2 \eta} - \frac{R}{4 \sin \eta \cdot (\cos \eta + \sin \eta)}$$

Расчеты текущих координат X и Y волокна выполнены для узла приемного барабана обтянутого пыльчатой гарнитурой, имеющей следующие характеристики: высота зуба - 4 мм, угол наклона передней грани - 60° , радиус по концам зуба - 110 мм; $\eta = 28^\circ 50'$ для различных режимов работы по формулам (17). Во всех рассчитываемых случаях траектория движения волокна оказывается прямолинейной и расположенной в плоскости (+y; -x). В частности, для $\omega = 7.44 \text{ лс}^{-1}$ ($n=55$ об/мин) получены следующие координаты x и y траектории движения волокна (табл. 1):

t, сек	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
x, мм	-38,6711	-43,2547	-46,1526	-49,3902	-52,9971
y, мм	22,5955	23,9846	25,2781	26,4555	27,5236

Анализируя траекторию движения волокна можно отметить, что волокно стремится оторваться от гарнитуры приемного барабана. Это приводит к значительному снижению интенсивности взаимодействия гарнитуры на волокно и как следствие интенсивности разволокнения лоскута в зоне приемного барабана концевальной машины К-11-Ш.

Для стабилизации процесса разволокнения целесообразно создать дополнительный воздушный поток, который направляет разрабатываемый лоскут в рабочую зону узла приемного барабана.

Литература:

1. Протасова В.А. Шерстопрядильное оборудование. - М.: Легкая индустрия, 1980.
2. Бухгольц Н.Н. Основы курс теоретической механики. ч.1. - М.: Наука, 1967 г.
3. Федорюк М.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения. - М.: Наука, 1980.

SUMMARY:

Today great attention is paid to the utilization of textile waste products. One of the main operations of the technological process of yarn production is the process of reprocessing jersey scrap waste into fibre.

Mathematical description of the process of reprocessing under the circumstances of fibre retention by teeth of the receiving and main drum is given in this work.