

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

С.Н. РАЗИН

(Костромской государственной технологической университет)

В устройстве для штапелирования льняного волокна в ленте [1] било наносит удары по волокнистой ленте, поступающей в рабочую камеру устройства с помощью валковой пары (рис.1).

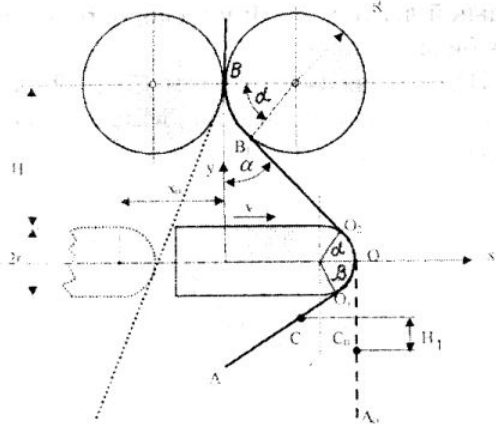


Рис. 1.

Представляет интерес выяснение степени влияния радиусов R цилиндра валкового механизма и радиуса r кромки била, а также скорости v_n подачи ленты на процесс ее захлестывания за кромку била.

Будем решать задачу при следующих допущениях: лента на участках O_1A и B_1O_2 имеет прямолинейную форму, сопротивление среды отсутствует, лента гибкая.

Для получения уравнения движения участка ленты O_1A рассмотрим его движение по отношению к подвижной системе отсчета Oxy , связанной с билем, и воспользуемся уравнением Лагранжа 2-го рода (в качестве обобщенной координаты выберем угол поворота β):

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} \right) - \left(\frac{\partial T}{\partial \beta} \right) = - \frac{\partial \Pi}{\partial \beta} \quad (1)$$

Кинетическая энергия участка ленты AO_1 :

$$T = \frac{1}{2} J \dot{\beta}^2, \quad (2)$$

где J – момент инерции участка ленты O_1A относительно оси, проходящей через т. O_1 перпендикулярно рисунку.

Потенциальная энергия участка ленты OA :

$$\Pi = mgH_1, \quad (3)$$

где m – масса участка OA ; H_1 – показан на рис. 1 (здесь C_0 и C центры масс участка OA для вертикального и текущего положений).

В процессе обработки ленты билами от нее отделяются отдельные волокна и их комплексы. Отделение волокон при этом происходит от нижней части ленты – на участке, где било и лента контактировали между собой. В связи с этим лента, имеющая в сечении зажима (т. B) толщину h_0 , к концевому сечению (A) утоняется.

Рассмотрим случай, когда толщина ленты в концевом сечении равна 0. При этом закон изменения линейной плотности ленты будем полагать кусочно-линейным:

$$\gamma(s) = \begin{cases} \gamma_0, & 0 \leq s \leq r + H \\ \gamma_0 \frac{L-s}{L-r-H}, & r + H \leq s \leq L \end{cases}$$

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

где γ_0 – линейная плотность ленты на необработанном участке, L – длина ленты ВОА; s – дуговая координата сечения, измеренная от сечения зажима В; расстояние H – показано на рис. 1. В этом случае на участке ленты O_2A закон изменения линейной плотности будет линейным.

Момент инерции участка O_1A ленты в этом случае:

$$J = \int_{s_{O_1}}^L \gamma(s)(s - s_{O_1})^2 ds = \frac{k\ell^4}{12}, \quad (4)$$

где $k = \frac{\gamma_0}{L-r-H}$, а $\ell = L - s_{O_1} - r\beta$ –

длина участка O_1A ; $L = L_0 + v_n t$; L_0 – длина ленты в момент начала взаимодействия.

Если скорость подачи ленты в устройство положить равной нулю, то $k = \text{const}$.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} \right) = \frac{k\ell^4}{12} \ddot{\beta} - \frac{k\ell^3}{3} (\dot{s}_O + r\dot{\beta})\dot{\beta} + \frac{k\ell^4}{12} \ddot{\beta}, \quad \frac{\partial T}{\partial \beta} = -\frac{k\ell^3 r}{6} \dot{\beta}^2, \quad (6)$$

где $\dot{k} = \frac{-\gamma_0 v_n}{(L_0 + v_n t - r - H)^2}$.

Определим правую часть уравнения (1). Учтем, что

$$H_1 = OC_0(1 - \cos\beta) + r(\beta \cos\beta - \sin\beta). \quad (7)$$

Здесь OC_0 – расстояние от т. О до центра масс участка ОА (для принятого закона изменения линейной плотности

$$OC_0 = \frac{L - s_{O_1}}{3}).$$

Массу участка ОА рассчитаем по формуле

$$\ddot{\beta} - \frac{2r}{\ell} \dot{\beta}^2 - \left(\frac{4}{\ell} \dot{s}_O - \frac{\dot{k}}{k} \right) \dot{\beta} + \frac{6}{\ell^4} (L - s_{O_1})^2 g \sin\beta \left(\frac{L - s_{O_1}}{3} - r\beta \right) = 0. \quad (10)$$

Решая это уравнение численным методом Эйлера при начальных условиях $\beta_0 = 0$ и $\dot{\beta}_0 = v/(H+r)$, можно получить

Дуговую координату s_{O_1} определим по формуле

$$s_{O_1} = (r + R)\alpha + \ell_1, \quad (5)$$

где $\ell_1 = \frac{b + c \cos\alpha}{\sin\alpha}$; $\alpha = \arcsin\left(\frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right) + \arctg\left(\frac{b}{a}\right)$; $a = H + r$; $b = x_0 - R + vt$; $c = R + r$.

Здесь x_0 – расстояние от центра кривизны кромки била в момент начала взаимодействия до оси симметрии устройства (в случае, когда удар наносится по вертикальной ленте $x_0 = -r$); v – скорость движения била.

Подставляя (4) с учетом (5) в (2) найдем слагаемые, входящие в левую часть уравнения (1):

$$m = \int_{s_{O_1}}^L \gamma(s) ds = \frac{k(L - s_{O_1})^2}{2}. \quad (8)$$

Подставив (7) и (8) в (3), получим потенциальную энергию и определим правую часть уравнения (1):

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \beta} = \frac{1}{2} k (L - s_{O_1})^2 g \sin\beta \left(\frac{L - s_{O_1}}{3} - r\beta \right). \quad (9)$$

Уравнение (1) с учетом (6) и (9) после несложных преобразований примет вид:

закон движения захлестываемого участка AO_1 .

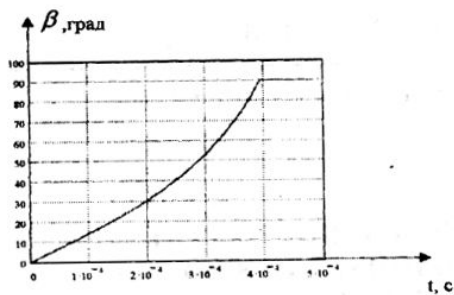


Рис. 2

График изменения угла β с течением времени представлен на рис. 2. Расчеты проводили при следующих данных: начальная длина ленты $L_0 = 0,085$ м; радиус кромки била $r = 0,001$ м; радиус цилиндра

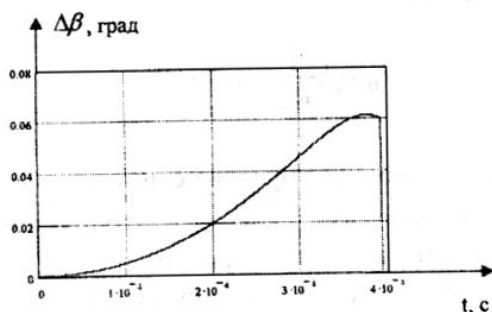


Рис. 3

На рис. 3 представлена зависимость величины отклонения угла поворота захлестываемого участка от времени, где $\Delta\beta = \beta_0 - \beta_1$, β_0, β_1 – соответственно углы поворота захлестываемого участка ленты без учета и с учетом скорости подачи ленты.

Зависимость угловой скорости вращения участка ОА от времени представлена на рис. 4. Все кривые построены при неизменном расстоянии $r + H = 56$ мм.

При этом кривая 1 получена при $r = 1$ мм, $R = 50$ мм; кривая 2 при $r = 0$, $R = 50$ мм; кривая 3 при $r = 1$ мм, $R = 0$ мм.

впускной пары $R = 0,05$ м; скорость движения била $v = 70$ м/с; скорость подачи ленты $v_n = 0,2$ м/с; расстояние $H = 0,055$ м; начальная линейная плотность ленты $\gamma_0 = 0,012$ кг/м.

График изменения угла β в случае, когда скорость подачи ленты равна нулю, будет практически таким же. Это объясняется тем, что при выбранных параметрах за время захлестывания ($\approx 3,9 \cdot 10^{-4}$ с) длина ленты увеличится на 0,08 мм, что не может оказать существенного влияния на процесс захлестывания.

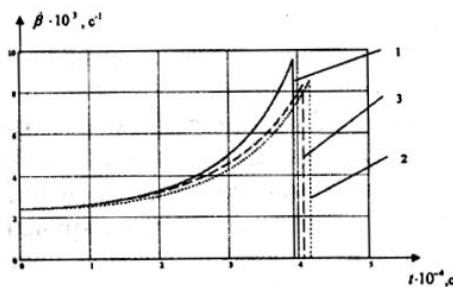


Рис. 4

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что влиянием скорости подачи ленты на процесс захлестывания можно пренебречь.
2. Полученные результаты доказывают, что при неизменном значении $r + H$ с увеличением радиусов кромки била и впускных цилиндров максимальное значение угловой скорости захлестывания возрастает, а время захлестывания убывает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на изобретение РФ №2178022, 7 D 01 G 1/00. Устройство для штапелирования льняного волокна в ленте / Разин С.Н., Пашин Е.Л. – Оpubл. 2002. Бюл. № 1.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 14.10.03.