

УДК 677.021

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТРЕПАНИЯ,
УЧИТЫВАЮЩАЯ ВОЗДЕЙСТВИЕ
ПЕРЕДНЕЙ И ТЫЛЬНОЙ КРОМКИ БИЛА
НА ОБРАБАТЫВАЕМЫЙ МАТЕРИАЛ***

Д.В. ИВАНЮК

(Костромской государственный технологический университет)

Известны зависимости [1] для определения сил натяжения и нормального давления на прядь, обрабатываемую в трепальных барабанах:

$$T_k = \mu V_r^2 + (T_0 - \mu V_r^2) e^{k\varphi} + \frac{\mu r Q_1}{k} (e^{k\varphi} - 1), (1)$$

где $Q_1 = \frac{dV_r}{dt} - W_n^e \sin \xi_k - kW_n^e \cos \xi_k + kW^k$;

μ – масса единицы длины пряди; V_r – относительная скорость движения пряди по кромке бильной планки; T_0 – сила натяжения в набегающей на кромку ветви пряди; φ – угол охвата прядью кромки; k – коэффициент трения; ξ_k – угол между биссектрисой угла охвата φ и прямой, проведен-

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук В.А. Дьячкова.

ной из центра барабана O к центру кривизны кромки била k ; k – порядковый номер била, воздействующего на прядь от точки зажима пряди; W_n^e – нормальная составляющая переносного ускорения; W^k – Кориолисово ускорение.

Нормальная реакция кромки бильной планки N определится по формуле:

$$N = N' \mu g \varphi_k, \quad (2)$$

где N' – сила нормального давления пряди на кромку, отнесенная к единице массы пряди, соприкасающейся на дуге φ с кромкой радиуса r :

$$N' = \frac{T_0 - \mu V_r^2}{\mu r} e^{k\varphi} + \frac{Q_2}{k} (e^{k\varphi} - 1),$$

где $Q_2 = \frac{dV_r}{dt} - W_n^e \sin \xi_k$.

Зависимости (1) и (2) получены с допущениями, что в трепальном барабане каждая бильная планка воздействует на прядь только передней кромкой (то есть бильная планка имеет ширину, равную нулю). Реально в контакте с прядью может быть и тыльная кромка бильной планки, поэтому более точные результаты будет давать модель процесса трепания, в которой будут учитываться воздействие передней и тыльной кромки била на обрабатываемый материал. При этом величины ξ_k , T_0 , V_r должны определяться по методике, изложенной ниже [2], [3].

В [2] получены выражения для определения углов охвата прядью передней и тыльной кромок бильных планок трепальных барабанов:

$$\varphi_k = \pi - \arccos((b^2 + c^2 - a^2)/2bc),$$

где a , b , c – стороны треугольника, образованного по координатам: X_k , Y_k – передних и $X_{k'}$, $Y_{k'}$; X_{k+1} , Y_{k+1} – тыльных кромок, взаимодействующих с прядью;

$$\varphi_{k'} = \pi - \arccos((b'^2 + c'^2 - a'^2)/2b'c'),$$

где a' , b' , c' – стороны треугольника, образованного по координатам: X_{k-1} , Y_{k-1} , X_k , Y_k – передних и $X_{k'}$, $Y_{k'}$ – тыльных кромок, взаимодействующих с прядью.

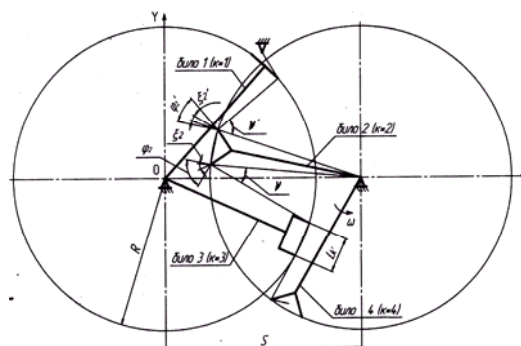


Рис. 1

На рис. 1 показана схема обработки пряди трепальными барабанами с бильными планками в виде уголка, пластины или швеллера. Здесь обозначено: $v(v')$ – угол наклона пряди, набегающей на кромку планки k -го била, к линии, соединяющей центр барабана и центр кривизны передней k (тыльной k') кромки била; S – расстояние между осями барабанов.

Выразим биссектрисы углов охвата прядью передней и тыльной кромки.

Из треугольника, вершинами которого (рис. 1) являются кромки бильной планки k -го, $k+1$ -го била и ось O с координатами $Y_0=0$, $X_0=S$, если k четное или $X_0=0$, если нечетное:

– для случая, когда прядь огибает переднюю кромку:

$$\xi_k = \frac{\pi}{2} - \frac{\varphi_k}{2} - v \quad (\text{смотри [2]}), \quad (3)$$

$$\cos v = \frac{R^2 + b^2 - d^2}{2bR},$$

здесь d есть сторона треугольника, противолежащая углу v :

$$d = \sqrt{(X_{k+1} - X_0)^2 + (Y_{k+1} - Y_0)^2},$$

b – расстояние между передней кромкой бильной планки k -го и тыльной кромкой $k+1$ -го била:

$$b = \sqrt{(X_{k'+1} - X_k)^2 + (Y_{k'+1} - Y_k)^2},$$

– для случая, когда прядь огибает тыльную кромку:

$$\xi_{k'} = \frac{\pi}{2} - \frac{\Phi_{k'}}{2} - v', \quad (4)$$

$$\xi_k = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}\right) - \arccos\left(\frac{R^2 + b^2 - d^2}{2bR}\right),$$

$$\xi_{k'} = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{b'^2 + c'^2 - a'^2}{2b'c'}\right) - \arccos\left(\frac{R^2 + b'^2 - d'^2}{2b'R}\right).$$

Выразим скорости относительного движения пряди на кромках:

$$V_{rk} = V_{rk'} = \frac{\Delta L_k}{\Delta t} = \omega \frac{\Delta L_k}{\Delta \alpha}.$$

Здесь

$$\Delta L_k = L_j - L_{j-1},$$

где L_{j-1} , L_j – длина совокупностей участков пряди между точкой ее зажима и передней кромкой k -го била при $\Delta t=0$ и на момент времени $\Delta t = \frac{\Delta \alpha}{\omega}$ (при повороте била на угол $\Delta \alpha$) соответственно; j – порядковый номер участка;

$$L_j = \sum L_k + n \times L'_k,$$

где $L_k = \sqrt{(X_k - X_{k-1})^2 + (Y_k - Y_{k-1})^2}$ есть длина участка между передней кромкой $k-1$ -го била и тыльной кромкой k -го била; L'_k – расстояние между передней и тыльной кромкой k -го била; n – количество участков L'_k на длине пряди от точки зажима до кромки, на которой определяется скорость V_r .

Очевидно, что:

$$\cos v' = \frac{R^2 + b'^2 - d'^2}{2b'R},$$

$$d' = \sqrt{(X_{k-1} - X_0)^2 + (Y_{k-1} - Y_0)^2},$$

b' – расстояние между тыльной кромкой бильной планки k -го и передней кромкой $k-1$ -го била:

$$b' = \sqrt{(X_{k'} - X_{k-1})^2 + (Y_{k'} - Y_{k-1})^2}.$$

Тогда после преобразований выражений (3) и (4) получим:

$n = k$ – для случая, когда относительная скорость определяется для передней кромки k -го била и оно контактирует с прядью обеими кромками;

$n = k-1$ – для тыльной кромки или передней кромки при контакте первого била с прядью только передней кромкой;

$n = k-2$ – для тыльной кромки при контакте первого била с прядью только передней кромкой.

Тогда с учетом сказанного выражения, описывающие силы, действующие на прядь при трепании, примут вид:

$$T_k = \mu V_r^2 + (T_0 - \mu V_r^2) e^{k\varphi} + \frac{\mu \Gamma Q_1}{k} (e^{k\varphi} - 1),$$

где $T_0 = T_{k+1} + F_{ac}$; F_{ac} – сила натяжения пряди от воздействия на нее сил аэродинамического сопротивления перемещению;

$$N_k = N' \mu \Gamma \varphi_k,$$

$$T_{k'} = \mu V_r^2 + (T_k - \mu V_r^2) e^{k\varphi} + \frac{\mu \Gamma Q_1}{k} (e^{k\varphi} - 1),$$

$$N_{k'} = N'' \mu \Gamma \varphi_{k'}.$$

ВЫВОДЫ

ЛИТЕРАТУРА

Разработана математическая модель процесса трепания, в которой учитываются воздействия передней и тыльной кромок бильной планки на обрабатываемый материал. Полученная модель может применяться при проектировании трепальных барабанов – для расчета сил натяжения и нормального давления на прядь передней и тыльной кромками бильной планки.

1. Дьячков В.А. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №4-5.
2. Дьячков В.А., Пасько С.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №1.
3. Дьячков В.А. Проектирование трепальных машин: Монография. – Кострома: КГТУ, 2000.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 02.02.06.
