

УДК 677.11.051.151.26

**ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВОЛОКНА В ТРЯСИЛЬНЫХ МАШИНАХ С НИЖНИМ ГРЕБЕННЫМ ПОЛЕМ**

*И.А. Шишов\**

Излагается построение математической модели, описывающей по результатам анализа сил, действующих на участок слоя отходов трепания, перемещение волокна в трясильных машинах с нижним гребенным полем.

При проектировании трясильных машин необходимо знать степень влияния различных

конструктивных параметров на скорость перемещения материала в процессе обработки.

Параметром, определяющим направление и скорость перемещения материала в трясильной машине, считается угол опережения – угол между

---

\* Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. В.А.Дьячкова

биссектрисой угла размаха иглы и нормалью к решетке. Перемещение материала объясняется преобладанием сил инерции в прямом направлении, обусловленных асимметричностью расположения иглы относительно нормали к решетке. В работе Ю.Н. Тарунина [1] поступательное движение материала объясняется тем, что при положительном угле опережения вылет иглы в переднем положении меньше, чем в заднем, в результате чего материал снимается с иглы при взаимодействии материала с решеткой.

Задачей исследования является количественная оценка возможности поступательных перемещений материала вдоль машины с нижним гребенным полем.

Рассмотрим влияние сил инерции на участок слоя, взаимодействующий с иглой, при перемещении иглы вперед и назад. Смещение центра масс участка слоя по игле в полярной системе  $OY\phi$  определяется по полученной в предыдущих исследованиях зависимости:

$$y_n = \mp fg \sin(\phi_{n-2}) \Delta t^2 - g \cos(\phi_{n-2}) \Delta t^2 \mp$$

$$\mp f \frac{\rho_{\theta} CS (\omega_{n-2} y_{n-2})^2}{2m} \Delta t^2 \mp$$

$$\mp \frac{\rho_{\theta} CS \left( \frac{y_{n-1} - y_{n-2}}{\Delta t} \right)^2}{2m} \Delta t^2 +$$

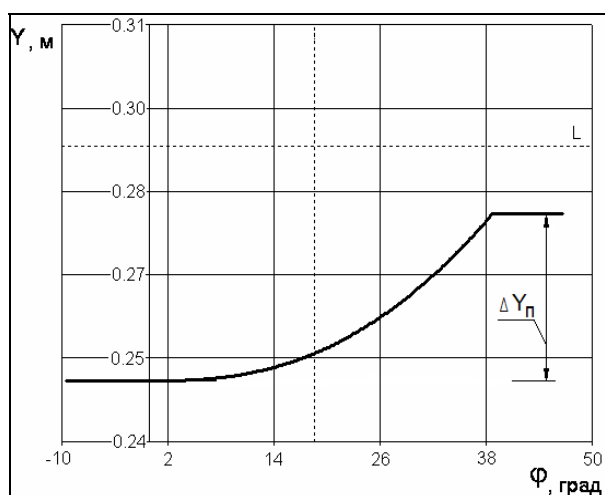
$$+ 2y_{n-1} - y_{n-2} \pm 2f\omega_{n-2} (y_{n-1} - y_{n-2}) \Delta t \mp$$

$$\mp (f\varepsilon_{n-2} - \omega_{n-2}^2) y_{n-2} \Delta t^2,$$
(1)

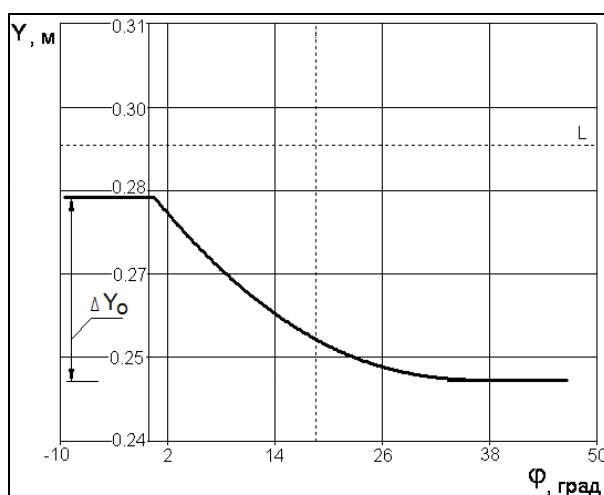
где  $f$  – коэффициент трения волокна об иглу;  
 $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;  
 $\phi$  – угол отклонения иглы от вертикального положения, рад;  
 $\Delta t$  – приращение времени между итерациями, с;  
 $\rho_{\theta}$  – плотность воздуха,  $кг/м^3$ ;  
 $C$  – безразмерный коэффициент аэродинамического сопротивления, зависящий от формы тела  $M$ ;  
 $S$  – площадь миделева сечения участка слоя  $M$ ,  $м^2$ ;  
 $\omega$  – угловая скорость иглы,  $с^{-1}$ ;  
 $y_n, y_{n-1}, y_{n-2}$  – смещение участка относительно оси гребенного валика в момент времени  $t_n, t_{n-1}, t_{n-2}$ , м;  
 $\varepsilon$  – угловое ускорение иглы,  $с^{-2}$ ;  
 $m$  – масса участка слоя  $M$ , кг;  
 $n$  – порядковый номер итерации.

На рисунке 1а и 1б показаны зависимости смещения центра масс участка слоя по игле  $Y$  от угла поворота иглы  $\phi$  при движении иглы вперед и назад при следующих параметрах процесса трясения:

длина иглы  $L = 0.289$  м;  
 угол опережения  $\alpha = 15^\circ$ ;  
 частота вращения по часовой стрелке ведущего вала  $\omega = 26$  рад/с;  
 коэффициент трения волокна об иглу  $f = 0.2$ ;  
 плотность воздуха  $\rho = 1.2$   $кг/м^3$ ;  
 площадь миделева сечения участка слоя  $S = 0.0025$   $м^2$ ;  
 коэффициент аэродинамического сопротивления материала, зависящий от формы тела,  $C = 1$ ;  
 начальное положение центра масс участка слоя на игле  $Y_0 = 0.247$  м;  
 начальная скорость иглы  $V_0 = 0$  м/с.



а



б

Рис. 1. Смещения участка слоя по игле в зависимости от угла наклона иглы:  
 а – при движении иглы вперед; б – при движении иглы назад

Из графиков видно, что различия в максимальных значениях смещений участка слоя  $\Delta Y$  составляют

$$\Delta Y = \Delta Y_n - \Delta Y_o = 0,277 - 0,279 = -0,002 \text{ м,}$$

что является несущественной величиной. Также можно отметить, что при положительном угле опережения значение данной величины отрицательно. На основе этого можно сделать вывод, что разность сил инерции, действующих на участок слоя, взаимодействующий с иглой, при движении иглы вперед и назад, не может быть причиной поступательного движения материала в прямом направлении.

Определим влияние вылета иглы над решеткой в крайнем переднем и заднем положениях. Рассмотрим силы, действующие на участок слоя М, находящийся одновременно в контакте с иглой и решеткой (рис. 2).

При движении иглы из крайнего заднего положения до определенного угла наклона  $\varphi_{кр}$ , при котором начинается контакт волокна с решеткой, смещение участка слоя по игле определяется по зависимости (1).

Допустим, слой располагается на решетке равномерно, тогда при угле наклона иглы  $\varphi_{кр}$  расстояние от центра масс слоя до решетки будет равно половине толщины слоя. На материал начинают действовать нормальная реакция решетки  $N^{реш}$  и сила трения материала о решетку  $F_{тр}^{реш}$ .

При этом сила нормального давления, на слой со стороны решетки, будет определяться выражением:

$$N^{реш} = a|\Delta L|^b, \quad (2)$$

где  $\Delta L$  – величина сжатия слоя иглой и решеткой;  
 $a, b$  – коэффициенты сжатия слоя.

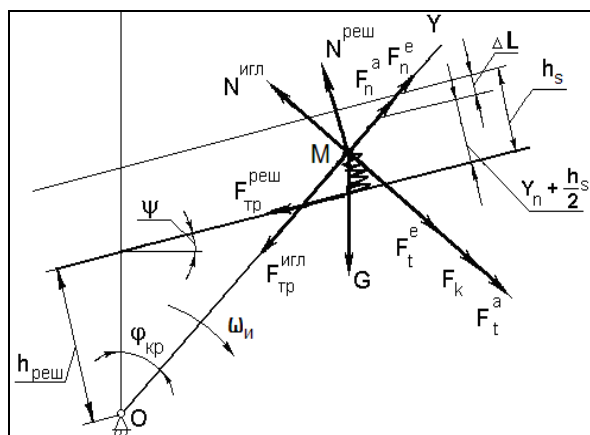


Рис. 2. Схема сил, действующих на участок слоя

Сила трения волокна о решетку определится как

$$F_{тр}^{реш} = N^{реш} f^{реш}, \quad (3)$$

где  $N^{реш}$  – нормальная реакция решетки;  
 $f^{реш}$  – коэффициент трения волокна о решетку.

При контакте участка слоя с решеткой по уравнению (1) вычисляется перемещение слоя под воздействием иглы и определяется величина сжатия участка слоя М иглой и решеткой (см. рис.2):

$$\Delta L = h_{реш} + h_s - \left( y_n \cdot \cos(\varphi_n + \psi) + \frac{h_s}{2} \right). \quad (4)$$

По зависимостям (2), (3) определяются сила нормального давления решетки и сила трения волокна о решетку. С учетом этих сил уравнение (1) переписывается в виде

$$\begin{aligned} y_n = & \mp f g \sin(\varphi_{n-2}) \Delta t^2 - g \cos(\varphi_{n-2}) \Delta t^2 \mp \\ & \mp f \frac{\rho_6 C S (\omega_{n-2} y_{n-2})^2}{2m} \Delta t^2 \mp \\ & \mp \frac{\rho_6 C S \left( \frac{y_{n-1} - y_{n-2}}{\Delta t} \right)^2}{2m} \Delta t^2 + \\ & + 2y_{n-1} - y_{n-2} \pm 2f \omega_{n-2} (y_{n-1} - y_{n-2}) \Delta t \mp \\ & \mp (f \varepsilon_{n-2} - \omega_{n-2}^2) y_{n-2} \Delta t^2 + \\ & + \frac{N^{реш}}{m} \cos(\varphi_n + \psi) - f \frac{N^{реш}}{m} \sin(\varphi_n + \psi) - \\ & - \frac{F_{тр}^{реш}}{m} \sin(\varphi_n + \psi) + f \frac{F_{тр}^{реш}}{m} \cos(\varphi_n + \psi). \end{aligned} \quad (5)$$

На рисунке 3а показана траектория движения центра масс участка слоя М, на рисунке 3б – зависимость смещения участка слоя М от угла наклона иглы  $\varphi$  с учетом взаимодействия материала с решеткой.

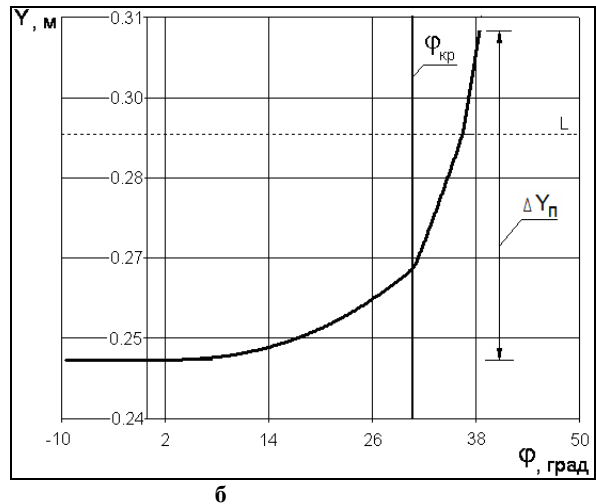
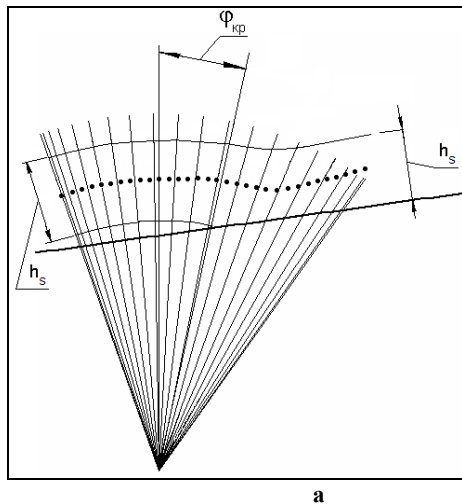
Участок слоя М, при достижении иглой угла наклона  $\varphi_{кр}$  (см. рис.3), взаимодействует одновременно с иглой и решеткой. Под действием иглы участок слоя, находящийся между решеткой и иглой, сжимается. Давление, оказываемое сжатым участком, приводит к смещению волокна вдоль иглы.

При движении назад вылет иглы значительно больше, чем в переднем положении, поэтому сжатия материала иглой и решеткой не происходит, а следовательно, материал смещается от оси гребенного валика только под действием центробежной силы инерции. Траектория смещения участка слоя будет аналогичной, показанной на

рис.1б. Различия в максимальных значениях смещений участка слоя  $\Delta Y$  составят

$$\Delta Y = \Delta Y_n - \Delta Y_o = 0,308 - 0,279 = 0,029 \text{ м.}$$

Необходимо отметить, что при взаимодействии материала одновременно с иглой и решеткой в переднем положении разница в смещениях материала при движении иглы вперед и назад является существенной, и может быть причиной поступательного движения волокна в прямом направлении.



**Рис. 3. Перемещения центра масс участка слоя  $M$  с учетом его взаимодействия с решеткой:**  
а – траектория движения центра масс; б – смещение участка слоя по игле в зависимости от координаты иглы

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарунин Ю.Н. Исследование движения материала в трясильных машинах типа ТГ-135-Л / Ю. Н. Тарунин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1965. – №2. – С 43–48.

**I.A. Shirshov**

**REASONS OF FIBRE DISPLACEMENT IN SHAKING MACHINE WITH BOTTOM COMB FIELD**