

УДК 677.021.256

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО МЕХАНИЗМА  
ТРЕПАЛЬНОЙ МАШИНЫ**

**MODELLING OF INTERACTION  
OF THE ELEMENTS OF A SCUTCHING MACHINE  
TRANSPORTING MECHANISM**

*С.Н. РАЗИН, Н.И. КОВАЛЕНКО, А.В. СОКОЛОВ*  
*S.N. RAZIN, N.I. KOVALENKO, A.V. SOKOLOV*

(Костромской государственной технологической университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: info @ kstu.edu.ru

*Надежность фиксации слоя сырца определяется давлением ролика на транспортирующий ремень и зависит от многих факторов, к одному из которых можно отнести переменную толщину слоя. Определение изменения усилия прижима роликом ремня, возникающего вследствие неравномерности толщины обрабатываемого слоя, позволит обоснованно подойти к проектированию транспортирующего механизма трепальной машины.*

*Reliability of fixing of a raw layer is defined by pressure of a roller upon a transporting belt and depends on many factors, to the one of which it is possible to relate a variable thickness of a layer. Determination of change of effort of the belt clamping by a roller that arises owing to non-uniformity of the treated layer thickness, it will allow to approach to designing of the scutching machine transporting mechanism reasonably.*

**Ключевые слова:** транспортирующий ремень, ролик, сила упругости, деформация.

**Keywords:** a transporting belt, a roller, elasticity force, deformation.

В процессе получения длинного льняного волокна прядь (1), зажатая одним из концов в ремне (2) транспортирующего механизма трепальной машины, подвергается

воздействию со стороны бильных планок (3) трепальных барабанов (рис.1 – схема обработки прядей).

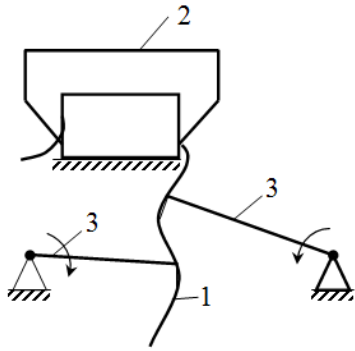


Рис. 1

В результате этих воздействий происходит очистка сырца от костры. При этом в слое возникают значительные усилия, стремящиеся выдернуть слой сырца из зажима. В случае если усилие зажима окажется меньше силы натяжения, возникающей в обрабатываемом слое сырца, он не будет полностью обработан и выпадет в отходы трепания, что и происходит в действительности, особенно на начальном этапе обработки. Недостаточность усилия зажима является следствием множества причин, одной из которых является неравномерность слоя сырца по толщине. Зажим сырца в ремнях транспортирующего механизма осуществляется с помощью нажимных роликов, прижимающих верхний ремень к нижнему. При этом чем больше усилие прижима, тем надежнее фиксация слоя в ремнях. С другой стороны, увеличение сил прижима приводит к увеличению энергозатрат на перемещение транспортирующего механизма.

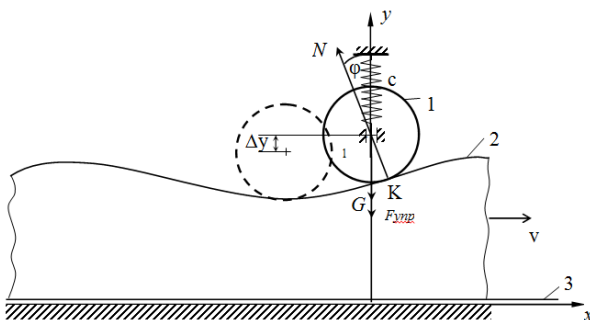


Рис. 2

Представляет интерес задача по определению изменения усилия прижима роликом ремня, возникающего вследствие неравномерности толщины обрабатываемого

слоя. Один из вариантов нажимного устройства изображен на рис. 2 (схема нажимного устройства) и представляет собой подпружиненный ролик. Ролик (1) прижимается к ремню (2), скользящему по балке транспортирующего механизма (3) со скоростью  $V$  с помощью упругого элемента с жесткостью  $c$  (Н/м). Определим вертикальную составляющую силы давления ролика на ремень в процессе движения (она равна силе реакции ремня на ролик), полагая ремень недеформируемым.

Воспользовавшись теоремой о движении центра масс в проекции на ось, получим:

$$m\ddot{y}_c = N \cos \phi - F_{\text{упр}} - G,$$

где  $m$  – масса ролика;  $\ddot{y}_c$  – ускорение центра ролика;  $G = mg$  – вес ролика;  $F_{\text{упр}}$  – сила упругости, возникающая в пружине;  $N$  – сила реакции ремня на ролик.

Тогда вертикальная составляющая силы давления ролика на ремень будет:

$$N \cos \phi = m\ddot{y}_c + F_{\text{упр}} + mg.$$

Силу упругости найдем по формуле  $F_{\text{упр}} = c\Delta$ , где  $\Delta$  – деформация упругого элемента. В свою очередь:  $\Delta = \Delta_0 + \Delta_y$ , где  $\Delta_0$  – деформация упругого элемента в положении, когда ролик находится на ремне без слоя.

Для определения перемещения центра масс ролика  $\Delta_y$  учтем, что точка  $K$  – точка касания ролика и ремня с координатами  $(x_1, y_1)$  удовлетворяет двум уравнениям: уравнению кривой, описывающей изменение толщины ремня  $y = f(t)$  и уравнению окружности радиуса  $R$  с центром в точке  $C$ :

$$x^2 + (y - y_c)^2 = R^2.$$

Поскольку точка  $K$  является точкой касания ролика и ремня, то в этой точке должны быть равны и производные по  $x$  от этих функций.

Предположим, что толщина ремня изменяется по гармоническому закону:

$$y = h_0 + 2\Delta h \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right),$$

где  $h_0$  – толщина ремня без слоя волокна;  $\Delta h$  – амплитуда колебаний толщины ремня;  $L$  – период колебаний толщины ремня (м).

Для того чтобы получить закон изменения координаты  $y_c$ , учтем, что ремень движется вправо со скоростью  $V$ , тогда в неподвижной системе отсчета уравнение профиля ремня примет вид:

$$y_1 = h_0 + 2\Delta h \cos\left[\frac{2\pi(x_1 - Vt)}{L}\right].$$

Здесь предполагается, что в начальный момент времени  $t=0$  ролик находится в высшем положении. В результате получим три уравнения для определения неизвестных  $X_1, Y_1, Y_c$ :

$$\begin{cases} y_1 = h_0 + 2\Delta h \cos\left[\frac{2\pi(x_1 - Vt)}{L}\right], \\ y_1 = y_c - \sqrt{R^2 - x_1^2}, \\ \frac{x_1}{\sqrt{R^2 - x_1^2}} = -2\Delta h \frac{2\pi}{L} \sin\left[\frac{2\pi}{L}(x_1 - Vt)\right]. \end{cases} \quad (1)$$

Во втором уравнении системы (1) знак (-) перед корнем поставлен потому, что ролик касается ремня своей нижней полуокружностью. Система алгебраических уравнений (1) является нелинейной и поэтому решалась численным способом в системе Matchcad.

На рис. 3 представлена зависимость изменения величины вертикальной составляющей силы давления ролика на ремень от времени (при  $L=1$  м): 1 –  $m_{\text{ролика}}=0$ ; 2 –  $m=2$  кг; 3 –  $m=4$  кг; 4 –  $m=6$  кг; 5 –  $m=8$  кг. Расчет производился при следующих параметрах транспортирующего устройства: скорость ремня  $V = 10$  м/с; радиус ролика  $R = 0,06$  м; толщина ремня без слоя  $h_0 = 0,05$  м; длина волны неровности ремня  $L = 1$  м; амплитуда колебаний толщины ремня  $\Delta h = 0,025$  м; деформация упругого элемента в положении на ремне без слоя (предварительная затяжка) при массе ро-

лика равной нулю:  $\Delta_0 = 0,01$  м, жесткость упругого элемента  $c = 10000$  Н/м. Масса ролика изменялась в пределах от 0 до 8 кг с шагом 2 кг.

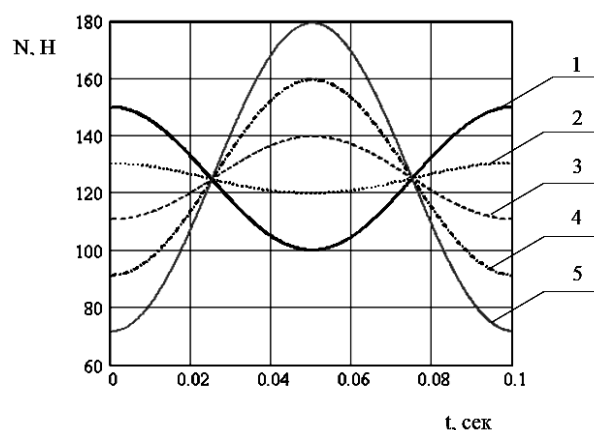


Рис. 3

При численном исследовании предварительная затяжка изменялась так, чтобы давление ролика на неподвижный ремень не изменялось с изменением массы ролика. Зависимость предварительной затяжки от массы ролика определялась по формуле:

$$\Delta_0(m) = \Delta_0 - mg/c.$$

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать заключение о том, что в рассматриваемом случае ролик с массой 2 кг наилучшим образом обеспечивает постоянство силы давления ролика на ремень. При этом разность максимального и минимального значений составляет  $\Delta N_y \approx 10$  Н, тогда как при  $m = 6$  кг  $\Delta N_y \approx 68$  Н, а при  $m = 8$  кг  $\Delta N_y \approx 108$  Н. В случае, когда масса ролика невелика, максимальное давление наблюдается при наибольшей толщине ремня, а для роликов с большой массой – при наименьшей толщине ремня.

Численные исследования проводились для  $L=2$  м (рис. 4) и для  $L=3$  м (рис. 5); обозначения кривых 1...5 те же, что и на рис. 3. Анализ результатов позволяет заключить, что при увеличении  $L$  неравномерность силы давления ролика на ремень уменьшается с увеличением массы ролика. При этом чем больше  $L$ , тем меньше эффект выравнивания давления с увеличением массы ролика.

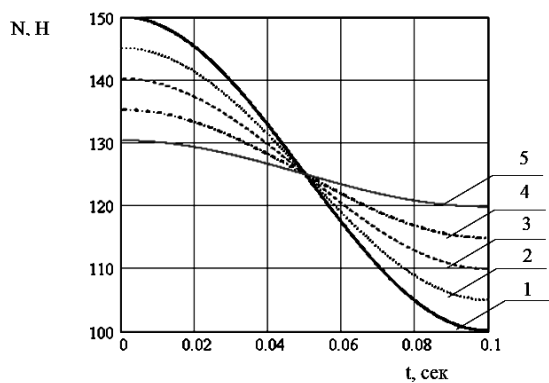


Рис. 4

В заключение отметим, что задача решалась для случая, когда балка транспортирующего механизма, по которой движется ремень, – неподвижна. В действительности она совершает колебания под действием сил натяжения обрабатываемого слоя тресты, возникающими при взаимодействии слоя с бильными планками трепальных барабанов. Поэтому для выбора рационального значения массы ролика необходимо оценить влияние этих колебаний на силу давления ролика на ремень.

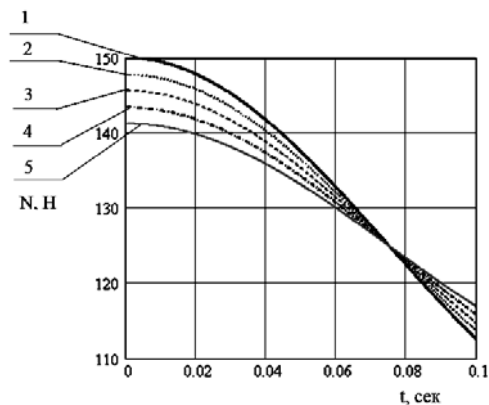


Рис. 5

## ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов расчета позволяет заключить, что при увеличении длины волны неравномерности ремня неравномерность силы давления ролика на ремень уменьшается с увеличением массы ролика.
2. Увеличение длины волны неравномерности ремня уменьшает эффект выравнивания давления с увеличением массы ролика.

Рекомендована кафедрой информационных технологий. Поступила 03.06.11.