

УДК 677.11

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЛОЯ ЛЬНА  
С РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ТРЕПАЛЬНОЙ МАШИНЫ**

**DESIGNING OF THE PROCEES OF INTERACTION OF FLAX LAYER  
WITH DRIVEN ELEMENTS OF A SCUTCHING MACHINE**

*С.Н.РАЗИН, Н.И.КОВАЛЕНКО, М.С.БУРОВ*  
*S.N. RAZIN, N.I. KOVALENKO, M.S. BUROV*

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

*В работе рассматривается возможность снижения сил натяжения слоя в процессе его обработки в трепальной машине. Она заключается во введении в транспортирующий механизм препятствия, что позволит увеличить выход длинного волокна.*

*The possibility of reducing layer tension forces in the process of processing in a scutching machine is considered in the article. It lies in introduction of barriers in a transporting mechanism that will increase the output of long fibers.*

**Ключевые слова:** натяжение, слой, трепальные барабаны, препятствие.

**Keywords:** tension, a layer, scutching drums, a barrier.

В процессе трепания слой льнотресты подвергается воздействиям со стороны вращающихся бильных планок. В результате в слое возникают значительные силы натяжения. В случае, когда эти силы превышают силы зажима слоя в транспортирующих ремнях, происходит выдергивание отдельных стеблей или участков слоя из зажима. В результате этого часть льнотресты проходит неполную обработку и попадает в отходы трепания. Это явление уменьшает выход данного (наиболее ценного) волокна, что приводит к уменьшению рентабельности предприятий по переработке льна.

Имеется несколько путей, которые могут способствовать уменьшению потерь

длинного волокна из-за вышеописанного явления.

1. Совершенствование формы сечения транспортирующих ремней.

2. Совершенствование конструкции нажимных роликов и их рациональное распределение по длине трепальной машины.

3. Совершенствование конструкции механизма утонения слоя с целью выравнивания его по толщине и ширине, а также параллелизации стеблей в слое.

4. Имеется еще один путь, заключающийся в снижении сил натяжения слоя в сечении его зажима в транспортирующих ремнях. Этого можно достичь путем совершенствования бильных барабанов или

снижением частоты их вращения. Последнее неприемлемо, поскольку приводит к снижению производительности машины.

В данной работе рассматривается еще одна возможность снижения сил натяжения слоя без уменьшения производительности машины. Она заключается в том, что между точкой зажима слоя (т.О) и точкой пересечения траекторий бильных планок устанавливается препятствие (т.А) в виде двух прутков, не позволяющих участку слоя ОА вращаться вокруг точки зажима (рис. 1 – схема трепания).

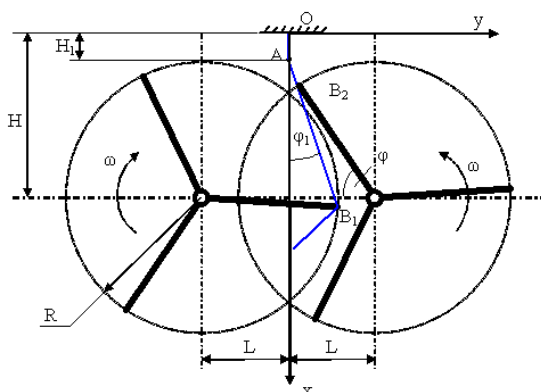


Рис. 1

В результате сила натяжения участка слоя ОА уменьшается, так как между слоем и препятствием возникают силы трения, препятствующие вытаскиванию слоя из зажима. Силу натяжения участка ОА можно определить по формуле [1]:

$$T_1 = T' e^{-f\varphi_1}, \quad (1)$$

где  $T'$  – сила натяжения слоя в сечении А ведомой ветви ( $AB_2$ );  $f$  – коэффициент трения;  $\varphi_1$  – угол обхвата слоем препятствия.

Целью исследования является определение эффективности введения препятствия с целью снижения сил натяжения и выбор рационального расположения данного препятствия.

Для упрощения расчетов пренебрегаем размерами препятствия (т.А) и бильных планок (т.В<sub>1</sub>;В<sub>2</sub>). Будем также считать, что сила натяжения слоя в сечении сбегания с кромки била В<sub>2</sub> не зависит от того уста-

новлено или нет препятствие А. Примем ее равной  $T_0$ . Участки ОА и АВ<sub>2</sub> считаем распрямленными, так же как и участок ОВ<sub>2</sub>.

Силу  $T'$  найдем по формуле:

$$T' = T_0 + \frac{1}{2} \gamma \ell_1^2 \omega_1^2, \quad (2)$$

где  $\gamma$  – линейная плотность слоя;  $\ell_1$  – длина участка АВ<sub>2</sub>;  $\omega_1$  – угловая скорость участка АВ<sub>2</sub>.

Подставляя (2) в (1), найдем силу зажима, необходимую для предотвращения вытаскивания слоя из ремня для случая, когда препятствие установлено:

$$T_1 = \left[ T_0 + \frac{1}{2} \gamma \ell_1^2 \omega_1^2 \right] e^{-f\varphi_1}. \quad (3)$$

В случае отсутствия препятствия А, силу натяжения в т. О можно определить по формуле:

$$T_2 = T_0 + \frac{1}{2} \gamma \ell_2^2 \omega_2^2, \quad (4)$$

где  $\ell_2$  – длина участка ОВ<sub>2</sub>;  $\omega_2$  – угловая скорость участка ОВ<sub>2</sub>.

Определим входящие в формулы (3) и (4) величины:

$$\omega_1 = \frac{\omega R \cos \alpha_1}{\ell_1}, \quad \omega_2 = \frac{\omega R \cos \alpha_2}{\ell_2}, \quad (5)$$

где  $\omega$ ,  $R$  – соответственно угловая скорость и радиус бильного барабана;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – угол между скоростью точки В<sub>2</sub> и нормалью к слою в соответствующих вариантах.

Определим положение бильных планок в момент начала взаимодействия планки В<sub>2</sub> со слоем. Пусть каждый из барабанов имеет  $n$  бильных планок; расстояние между осями барабанов –  $2L$ ; расстояние от точки зажима до линии, проходящей через оси барабанов –  $H$ ;  $\ell_{OA} = H_1$ . Выберем оси, как показано на рис. 1, тогда:

$$X_{B_1} = H + R \sin \varphi, \quad Y_{B_1} = R \cos \varphi - L,$$

$$X_{B_2} = H - R \sin\left(\frac{\pi}{n} - \varphi\right),$$

$$Y_{B_2} = L - R \cos\left(\frac{\pi}{n} - \varphi\right),$$

$$X_A = H_1, Y_A = 0.$$

Условие, при котором точки А, В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> лежат на одной прямой, имеет вид [2]:

$$\frac{X_{B_2} - X_A}{X_{B_1} - X_A} = \frac{Y_{B_2} - Y_A}{Y_{B_1} - Y_A},$$

или

$$\frac{H - R \sin\left(\frac{\pi}{n} - \varphi\right) - H_1}{H + R \sin \varphi - H_1} = \frac{L - R \cos\left(\frac{\pi}{n} - \varphi\right)}{R \cos \varphi - L}. \quad (6)$$

Уравнение (6) решалось в среде MathCad при следующих значениях входящих в него величин:  $n = 3$ ,  $H = 0,277$  м,  $H_1 = 0,01$  м,  $R = 0,37$  м,  $L = 0,275$  м,  $\omega = 26,18$  с<sup>-1</sup>. В результате угол поворота  $\varphi$ , при котором начинается взаимодействие бильной планки В<sub>2</sub> с обрабатываемым материалом, при наличии препятствия оказался равным 17,636°. Далее по формулам (3) и (4) с учетом (5) определялись силы

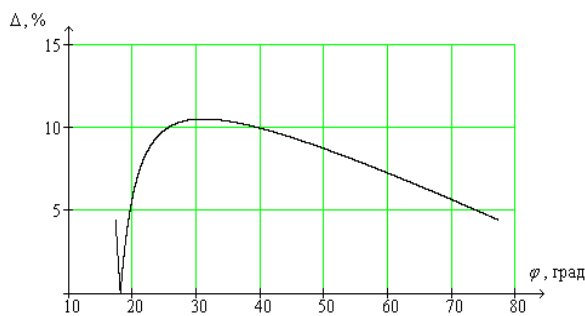


Рис. 3

На рис. 3 представлен график, показывающий эффективность (в процентах) введения препятствия при различных углах поворота бильных барабанов, рассчитанный по формуле:

$$\Delta = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \cdot 100.$$

натяжения  $T_1$  и  $T_2$ . Зависимость этих сил от угла поворота барабана при  $H_1 = 0,01$  м представлена на рис. 2.

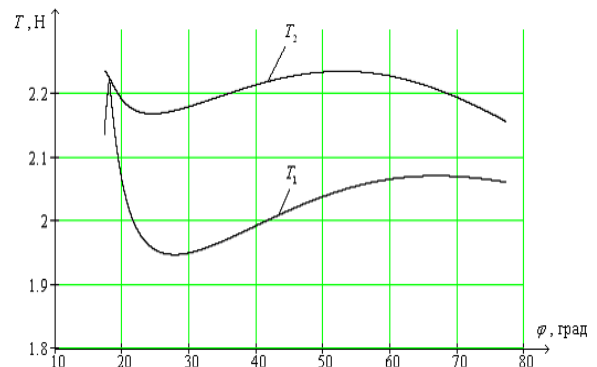


Рис. 2

Расчет проводился при следующих значениях входящих в формулы величин:

$$T_0 = 2 \text{ Н}, \gamma = 0,005 \text{ кг/м}, f = 0,22.$$

Анализ полученных графиков позволяет сделать заключение о том, что введение препятствия позволяет снизить силу натяжения слоя в сечении зажима в транспортирующих ремнях во всем диапазоне исследуемых углов.

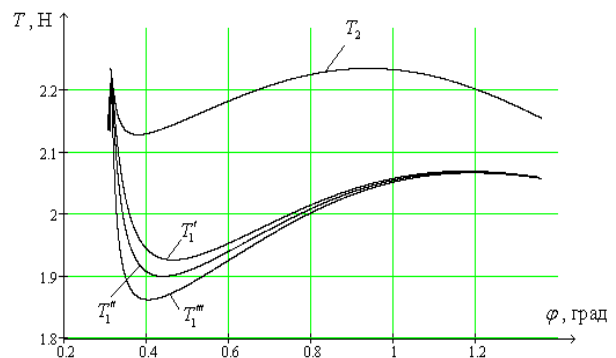


Рис. 4

Эффект от введения препятствия, заключающийся в снижении сил натяжения, изменяется от 0 до 11% в зависимости от угла поворота.

Далее были исследованы зависимости силы натяжения в сечении зажима слоя (т.А) от величины  $\varphi$  при различных значениях  $H_1$ . Анализ полученных зависимостей (рис. 4 — зависимость силы натяжения

слоя от угла поворота бильных барабанов при  $H_1=0,015\text{м}$  (кривая  $T_1'$ ), при  $H_1=0,020\text{м}$  (кривая  $T_1''$ ), при  $H_1=0,025\text{м}$  (кривая  $T_1'''$ )) позволяет сделать заключение о том, что увеличение расстояния  $H_1$  приводит к снижению силы натяжения слоя в сечении зажима. Особенно заметно это снижение в диапазоне угла поворота от 20 до 30 градусов. Так, например, минимальное значение сил натяжения при  $H_1$ , равном 0,01 м, составляет 1,947 Н (при  $\varphi=26^\circ$ ), а при  $H_1$  равном 0,025 м, оно равно 1,862 Н (при  $\varphi=23^\circ$ ). Таким образом, увеличение размера  $H_1$  позволяет снизить силу натяжения слоя в этом положении примерно на 12,65%.

## ВЫВОДЫ

На основе проведенных исследований можно сделать заключение о том, что изменение конструкции транспортирующего механизма за счет введения препятствия позволяет снизить силу натяжения в сечении зажима слоя, что даст возможность увеличить выход длинного волокна в процессе трепания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Яблонский А.А. Курс теоретической механики – М.: Высшая школа, 1984.
2. Кадомцев С.Б. Аналитическая геометрия и линейная алгебра. – М.: Физматлит, 2003.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 28.01.2013.