

УДК 677.11.051

**ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ ВАЛКОВ  
ПРИ ПРОМИНЕ ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ  
НА ГЛУБИНУ ЗАХОЖДЕНИЯ РИФЛЕЙ**

*С.Е. МАЯНСКИЙ, А.А. БАРИНОВ, Е.Л. ПАШИН*

**(Костромской государственный технологический университет,  
Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке лубяных культур)**

Процесс промина льняной тресты является важнейшей подготовительной операцией при окончательном выделении из стеблей льняного волокна. Установлено, что при промине могут изменяться структурные параметры слоя, влияющие на пригодность стеблей к трепанию [1]. Однако

при этом исходили, что параметры процесса не связаны с неровнотой слоя по его толщине и кинематическими возмущениями валков.

В этой связи поставлена задача по исследованию влияния этих факторов на

возможные изменения параметров процесса промина льняной тресты.

Важнейшим параметром работы мяльной пары является глубина захождения рифлей, которая определяется наружными диаметрами валков  $D$  и расстоянием между их осями  $A$  [2]:

$$i = D - A. \quad (1)$$

Вместе с тем, расстояние  $A$  в процессе мятья изменяется. Это зависит не только от толщины стеблевого слоя, но и от перемещений верхнего валка при его вынужденных колебаниях. Источником этих колебаний в мяльной паре могут быть неровнота стеблевого слоя, неуравновешенность и геометрические погрешности верхнего и нижнего валков, глубина захождения рифлей и др. В частности, в работе [3] исследовались вынужденные колебания верхнего валка, вызываемые силами излома стеблей в поле мятья. Величина амплитуды колебаний валка будет зависеть как от источника возбуждения колебаний, так и от рассогласованности частот в динамической системе.

Рассмотрим модель с кинематическим возмущением  $y_1$ , обусловленным биением рифлей нижнего валка, на амплитуду вынужденных колебаний верхнего валка. При составлении динамической модели примем в первом приближении следующие допущения: слой стеблей является равномерным по толщине и плотности; жесткость слоя подчиняется линейному закону; пружины, прижимающие верхний валок к слою, имеют одинаковую жесткость и линейную характеристику; демпфирующие свойства стеблевого слоя и звеньев механизма нагружения валка пропорциональны первой степени скорости перемещения валка.

С учетом принятых допущений возможно использование одномассовой динамической модели колебаний верхнего валка при кинематическом возмущении в мяльной паре, изображенной на рис. 1.

В этой модели:  $C = 2C_{\text{п}}$  – жесткость двух пружин, прижимающих валок к слою;  $C_{\text{сл}}$  – жесткость стеблевого слоя;  $b$  – ко-

эффициент демпфирования;  $m$  – масса верхнего валка.

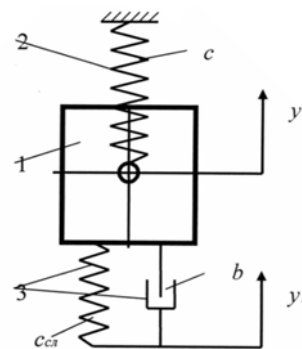


Рис. 1

Частота свободных колебаний валка и коэффициент затухания [4]:

$$k = \sqrt{\frac{C + C_{\text{сл}}}{m}}, \quad (2)$$

$$n = \frac{b}{2m}. \quad (3)$$

В предлагаемой модели амплитуда колебаний верхнего валка находится по формуле из [5]:

$$a = \frac{h}{\sqrt{(k^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2}}, \quad (4)$$

где  $h$  – отношение амплитуды возмущающей силы к массе валка,

$$h = \frac{e}{m} \sqrt{b^2\omega^2 + c^2_{\text{сл}}}; \quad (5)$$

$\omega$  – частота возмущения,

$$\omega = \frac{\pi n}{30} Z, \quad (6)$$

$Z$  – число рифлей валка;  $n$  – частота вращения валка.

На рис. 2 построены зависимости изменения амплитуды колебаний верхнего валка от частоты возмущения при следующих исходных данных:  $C = 2 \cdot 10^5$  Н/м;  $C_{\text{сл}} =$

$=5,26 \cdot 10^5$  Н/м;  $m = 60$  кг;  $b = 400$  Н·с/м [3];  
 $e = 2 \dots 10$  мм.

Частота свободных колебаний верхнего  
 валка  $k = 110$  рад/с.

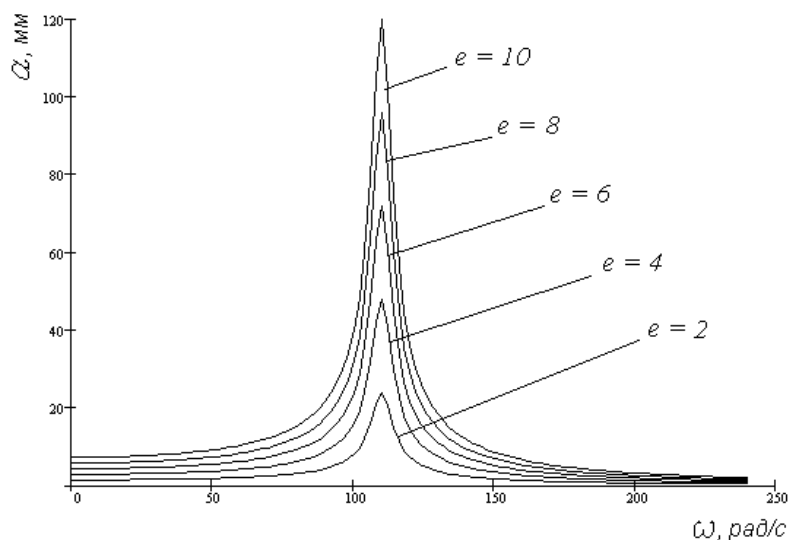


Рис. 2

Рабочим частотам вращения валка в этой модели соответствуют частоты возмущения  $\omega = \frac{\pi n}{30} Z = 120 \dots 480$  рад/с, где  $n = 95 \dots 380$  1/мин [6];  $Z = 12$ . Как видно из рис. 2, частота возмущения превосходит частоту свободных колебаний, хотя на нижней границе находится близко к частоте свободных колебаний валка, то есть возможна работа системы в зоне резонанса. Это отмечается также и в [3].

Амплитуда колебаний валка в данном диапазоне частот возмущения при  $e = 6$  мм находится в пределах  $a = 23,0 \dots 0,259$  мм.

Таким образом, полученные значения амплитуд колебаний валка могут повлиять на увеличение межосевого расстояния  $A$ . При этом глубина захождения рифлей  $i$  может существенно уменьшиться вплоть до принятия отрицательных значений.

В свою очередь, от глубины захождения рифлей зависит длина промятого за один оборот валка участка стеблей (периметр излома  $P_\phi$ ), а от этой величины зависит линейная скорость прохождения слоя через мьяльную пару [2]:

$$V = P_\phi n. \quad (7)$$

При  $A \gg D$  можно считать, что  $V = \pi D n$ .

Рассмотрим частный случай изменения периметра излома. Его значение будет определяться по формуле:

$$P_{\phi \text{дин}} = 2Z \sqrt{\left(\frac{t}{2}\right)^2 + i_{\text{дин}}^2},$$

где  $t$  – шаг рифлей по наружному диаметру валка. При этом межосевое расстояние и глубина захождения изменятся следующим образом:

$$A_{\text{дин}} = A + a; \quad i_{\text{дин}} = D - A_{\text{дин}}. \quad (8)$$

Примем:  $D = 118$  мм;  $i = 8$  мм;  $Z = 12$ ;  $A = 110$  мм;  $t = 30,877$  мм;  $n = 150$  1/мин.

В результате расчета получены следующие значения скорости перемещения слоя в мьяльной паре:

без учета изменения межосевого расстояния в динамике (формула (7)):

$$V_{\text{ст}} = 62,6 \text{ м/мин};$$

с учетом влияния амплитуды колебаний валка (формулы (4) и (8)):

$$V_{\text{дин}} = 58,4 \text{ м/мин.}$$

Относительное изменение скорости составляет 6,7%.

Приведенный пример показывает, что на выходе из мяльной машины слой промятых стеблей может иметь измененные, по сравнению с начальными значениями, параметры структуры. Эти явления будут приводить к ухудшению пригодности слоя к трепанию.

Еще одним обстоятельством, которое может привести к существенному изменению параметров процесса мятья, является случайное изменение параметров слоя в процессе переработки. В работе [7] было показано, что толщина слоя случайным образом (по нормальному закону) изменяется по его длине и ширине. В этой связи можно допустить, что коэффициенты жесткости стеблевого слоя и демпфирования изменяются также случайно. Это, вероятно, может привести к появлению значительных колебаний на рабочей частоте вращения валков. Для проверки этого предположения был проведен машинный расчет максимальной амплитуды колебаний, которая может проявиться при случайном изменении упомянутых коэффициентов. В качестве значений математического ожидания были выбраны значения  $C_{\text{сл}} = 5,26 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$ ;  $b = 400 \text{ Н·с/м}$ . Величину  $\sigma$  для обоих случаев выбрали в размере 20% от математического ожидания. Количество случайных комбинаций принято равным 1000. Величина возмущения  $e = 2 \text{ мм}$ . Машинный расчет при частоте вращения валков  $n = 95 \text{ 1/мин}$  показал, что амплитуда колебаний верхнего валка для модели с кинематическим возмущением, обусловленным биением рифлей нижнего валка, может достигать значения  $a = 46...48 \text{ мм}$ . При этом около 40% значений амплитуды превышает барьер 10 мм. Увеличение  $e$  приводит к резкому увеличению амплитуды и количества ситуаций, при которых значения амплитуды будут превышать величину 10 мм.

Очевидно, что такие ситуации могут существенно влиять на эффективность промина и на изменение структурных параметров слоя стеблей при данном процессе.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что кинематические возмущения, обусловленные глубиной захождения рифлей обоих валков, могут вызывать рост амплитуды вынужденных колебаний верхнего валка, а также увеличение расстояния между осями валков, что приведет к изменению скорости прохождения разных участков слоя через мяльную машину.

2. Имеющие место случайные изменения толщины слоя, приводящие к изменению коэффициентов жесткости слоя и демпфирования, могут привести на рабочих частотах вращения валка к значительному увеличению амплитуды его колебаний, что повлияет на изменение высоты поля мятья, периметра излома и скорости перемещения стеблевого слоя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздов Ю.В. Разработка автоматической системы контроля и управления положением слоя стеблей при получении трепаного льна. Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 2004.
2. Ипатов А.М. Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
3. Дьячков В.А., Корабельников Р.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №5. С.19...23.
4. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. – Л.: Машиностроение, 1976.
5. Маянский С.Е. Влияние биений рифлей нижнего валка на амплитуду колебаний верхнего валка мяльной пары // Вестник КГТУ. – 2007, №15.
6. Справочник по заводской первичной обработке льна / Под общ. ред. В.Н.Храмцова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
7. Трегубова Е.В., Пашин Е.Л. Анализ особенностей структуры слоя льняной тресты после слоеутонения // Вестник ВНИИЛК. – 2005, №2.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов КГТУ. Поступила 16.06.07.