

УДК 674.09-791.8

## ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ УПРУГОСТИ ДВИЖУЩИХСЯ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ СОРТИРОВКИ ПО МЕХАНИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

В. В. ОГУРЦОВ, И. С. МАТВЕЕВА, М. И. ЗАХАРОВ

Сибирский технологический институт

Механическая модель сортирующей установки с пиломатериалом для данных исследований получена из общей динамической модели системы сортирующая установка — пиломатериал [2] путем дополнительной конкретизации и абстрагирования (рис. 1). Она имеет одну степень свободы с обобщенной координатой  $y$ .

Составим для нее уравнение Лагранжа [3].

Кинетическую  $T$  и потенциальную  $\Pi$  энергии, а также диссипативную функцию  $\Phi$  системы определяем из выражений:

$$T = \frac{1}{2} \left( \frac{m_{\Pi}}{3} + m_{\text{в}} \right) \dot{y}^2; \quad (1)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} (C_{\text{д}} + C_{\Pi}) y^2; \quad (2)$$

$$\Phi = \frac{1}{2} (\mu) \dot{y}^2, \quad (3)$$

где  $m_{\Pi}$  — масса нагруженного участка пиломатериала;  
 $m_{\text{в}}$  — масса изгибающего вальца и жестко связанных с ним тел;  
 $C_{\Pi}$ ,  $C_{\text{д}}$  — жесткости пиломатериала и датчика силы;  
 $\mu$  — коэффициент внутреннего трения древесины;  
 $y$ ,  $\dot{y}$  — обобщенная координата и обобщенная скорость системы.

Члены в скобках в выражениях (1)–(3) представляют собой соответственно приведенные коэффициенты инерции, жесткости и сопротивления системы.

Тогда дифференциальное уравнение системы сортирующая установка — пиломатериал принимает вид

$$\left( \frac{m_{\Pi}}{3} + m_{\text{в}} \right) \ddot{y} + \mu \dot{y} + (C_{\text{д}} + C_{\Pi}) y = 0. \quad (4)$$

Варьирование жесткости пиломатериала по длине опишем выражением

$$C_{\Pi} = C_{\Pi 0} - \Delta C_{\Pi} \cos \frac{2\pi v}{d} t. \quad (5)$$

Здесь  $C_{\Pi 0}$  — средняя жесткость пиломатериала;  
 $\Delta C_{\Pi}$ ,  $d$  — амплитуда и период колебаний жесткости;  
 $v$  — скорость перемещения пиломатериалов.

Следовательно, уравнение (4) можно записать в виде

$$\ddot{y} + 2n\dot{y} + k_0^2 (1 - \psi \cos \omega t) y = 0, \quad (6)$$

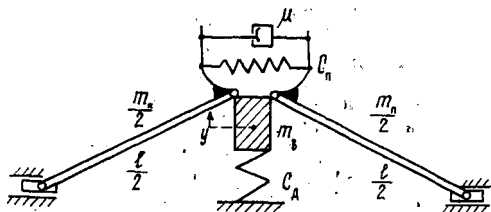


Рис. 1. Модель сортирующей установки с постоянным прогибом для исследования динамических нагрузок, обусловленных переменным характером силы упругости пиломатериалов

где 
$$2n = \frac{\mu}{\frac{m_{\text{п}}}{3} + m_{\text{в}}}; \quad \omega = \frac{2\pi v}{d}; \quad k_0^2 = \frac{C_{\text{л}} + C_{\text{по}}}{\frac{m_{\text{п}}}{3} + m_{\text{в}}};$$

$k_0$  — среднее значение собственной частоты;

$$\psi = \frac{\Delta C_{\text{п}}}{C_{\text{л}} + C_{\text{по}}}$$
 — относительная глубина пульсации жесткости пиломатериала.

Уравнение (6) нелинейное, оно не интегрируется в элементарных функциях и принадлежит к классу уравнений Матье [3]. Это указывает на то, что при определенных параметрах пиломатериалов и скоростях их перемещения в системе возможен параметрический резонанс.

Пренебрегая трением в системе, приведем (6) к каноническому виду

$$\frac{d^2 y}{d\tau^2} + (a - 2\epsilon \cos 2\tau) y = 0. \quad (7)$$

Здесь обозначено:

$$\begin{aligned} \omega t = 2\tau; \quad k_0^2 = \frac{a\omega^2}{4}; \quad \psi = \frac{2\epsilon}{a}; \\ a = \frac{(C_{\text{л}} + C_{\text{по}}) d^2}{\left(\frac{m_{\text{п}}}{3} + m_{\text{в}}\right) \pi^2 v^2}; \quad \epsilon = \frac{\Delta C_{\text{п}} d^2}{2 \left(\frac{m_{\text{п}}}{3} + m_{\text{в}}\right) \pi^2 v^2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Для оценки параметрической устойчивости системы воспользуемся критерием устойчивости для возбуждения по прямоугольному синусу [3], поскольку он дает результаты, практически совпадающие с полученными по критерию для тригонометрического косинуса.

Итак, система устойчива, если

$$\begin{aligned} |A = \cos \pi \alpha \sqrt{1 + \psi} \cos \pi \alpha \sqrt{1 - \psi} - \frac{1}{\sqrt{1 - \psi^2}} \sin \pi \alpha \sqrt{1 + \psi} \times \\ \times \sin \pi \alpha \sqrt{1 - \psi}| \leq 1, \end{aligned} \quad (9)$$

где  $\alpha = \frac{\sqrt{a}}{2}$ .

Нетрудно убедиться, что  $\alpha$  есть отношение среднего значения собственной частоты системы  $k_0$  к частоте  $\omega$  пульсации жесткости пиломатериала.

В выражение для  $\psi$ ,  $a$  и  $\alpha$  подставим значения параметров пиломатериалов, сортирующих установок и режимов их функционирования, представляющие практический интерес, а именно:

$$C_{\text{по}} = (5 \dots 8) 10^5 \text{ Н/м}; \quad \Delta C_{\text{п}} = (0,2 \dots 0,6) C_{\text{по}};$$

$$C_{\text{л}} = (50 \dots 100) C_{\text{по}}; \quad \frac{d}{v} = 0,03 \dots 1 \text{ с}.$$

Тогда получим

$$a_{\text{min}} = 250; \quad a_{\text{max}} = 133 \cdot 10^4;$$

$$\psi_{\text{min}} = 0,002; \quad \psi_{\text{max}} = 0,012.$$

Наихудшими для устойчивости системы являются значения:  $a = 250$ ,  $\psi = 0,012$ , для которых  $\alpha = 8$ ;  $\epsilon = 1,5$ .

Анализ выражения (9) и диаграмм устойчивости [3] показывает, что при данных значениях  $a$ ,  $\psi$ ,  $\alpha$ ,  $\epsilon$  параметрический резонанс возможен только тогда, когда точно выполняется условие:

$$\alpha = n/2 \quad (n = 1, 2, 3, \dots).$$

Любое отклонение  $2\alpha$  от целого числа приводит к срыву параметрического резонанса, т. е. при больших значениях параметра  $a$  (какие имеют место в рассматриваемом варианте) зона неустойчивости сводится в отдельные точки неустойчивости.

Учитывая, что параметр  $\alpha$  зависит от непрерывно меняющейся со случайной частотой жесткости пиломатериала, можно заключить, что параметрический резонанс возможен, но с чрезвычайно малым периодом существования.

Предположим, однако, что параметрический резонанс имел место в течение двух полных периодов изменения жесткости пиломатериала с максимально возможной амплитудой в три средних квадратных отклонения. Тогда из выражения (9) находим максимальное значение критерия устойчивости системы:

$$A_{\text{max}} = (1 - \psi^2)^{-1/2} = 1,000072.$$

Отношение двух соседних максимумов или минимумов динамической силы упругости пиломатериала

$$\lambda_{max} = A_{max} + \sqrt{A_{max}^2 - 1} = 1,012.$$

Следовательно, прирост амплитуды за одно полное колебание составляет 0,012, а за два — 0,024 или 0,3 % прогиба.

Учитывая, что рассматриваемая ситуация практически невероятна, а ошибка измерения силы упругости незначительна, можно сделать вывод, что параметрический резонанс не опасен и его не следует принимать во внимание при настройке сортирующих установок с постоянным прогибом. Тем более, что трение в системе, которым пренебрегли в начале анализа, оказывает стабилизирующее влияние на параметрические колебания.

Для оценки динамических погрешностей копирования силы упругости пиломатериала выходным сигналом преобразователя смоделируем изменение жесткости пиломатериала силой упругости

$$\Delta F = \Delta C_{п} f_0 \cos \frac{2\pi v}{d} \quad (10)$$

(где  $f_0$  — номинальный прогиб пиломатериала), поместив ее в правую часть дифференциального уравнения (6). Решение полученного уравнения представим графически на рис. 2 для двух практически крайних вариантов исходных данных [2].

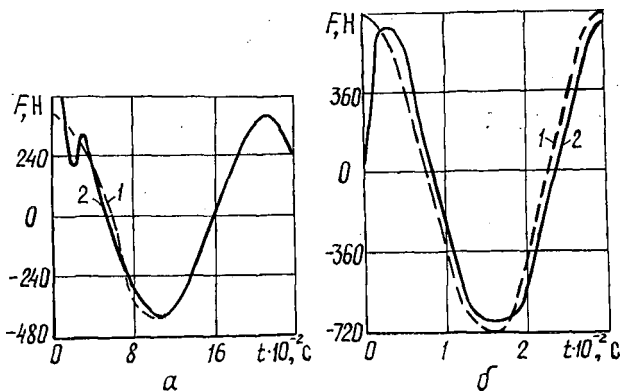


Рис. 2. Графики динамического копирования силы упругости пиломатериалов: а — для варианта 1 [2] параметров сортирующей установки; б — для варианта 2 [2]: 1 — сила упругости; 2 — измеренное значение силы упругости

Полученные графики показывают, что динамические погрешности копирования силы упругости зависят от параметров сортирующих установок. Для варианта 1 [2] погрешности не превышают 0,8 %, а для варианта 2 [2] они достигают 3 %.

Из ранее проведенных нами исследований [1] видно, что погрешность измерения силы упругости до 3 % практически не влияет на достоверность и эффективность сортировки пиломатериалов по механическим свойствам. Поэтому сортирующие установки с постоянным прогибом, имеющие параметры в пределах значений, представленных в работе [2], обеспечивают достаточную точность динамического копирования их силы упругости.

Экспериментальные исследования процесса перемещения пиломатериалов через сортирующую установку с постоянным прогибом и свободно опертой схемой нагружения подтвердили приведенные выше теоретические результаты. Они показали, что при скорости перемещения пиломатериалов выше 1 м/с при резком изменении величины смятия древесины или при других случайных возмущающих воздействиях в некоторых случаях наблюдается вибрация свободных концов пиломатериалов, сопровождающаяся существенным искажением их силы упругости. Для ее устранения необходимо вводить устройства, исключающие эту вибрацию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Огурцов В. В. Влияние погрешностей измерения силы упругости и прогиба пиломатериалов на достоверность их механической сортировки по прочности

Изв. вузов. Лесн. журн.—1984.—№ 1.—С. 117—119. [2]. Огурцов В. В. Моделирование установок для сортировки пиломатериалов по механическим свойствам методом изгиба // Изв. вузов. Лесн. журн.—1990.—№ 2.—С. 128—130. [3]. Пановко А. Г. Введение в теорию механических колебаний.—М.: Наука, 1971.—240 с.

УДК 630\*861.16 : 630\*813.14

## ДЕСОРБЦИЯ ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗ ПРИ РАЗМОЛЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ РАЗЛИЧНОЙ ЖЕСТКОСТИ

Г. П. СУХАНОВА, Е. В. НОВОЖИЛОВ, Б. Д. БОГОМОЛОВ

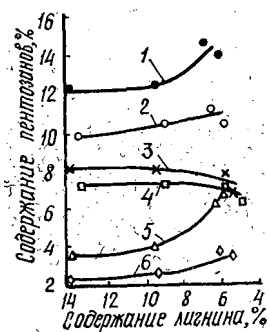
Архангельский лесотехнический институт

Лигнин, содержащийся в технической целлюлозе, оказывает существенное влияние на сорбцию органических веществ целлюлозными волокнами. Известно, что при щелочной варке переосаждение гемицеллюлоз начинается после достижения определенной степени делигнификации, хотя растворенные полисахариды появляются в варочном щелоке уже на ранних этапах варки. Нами установлено [1], что если волокнистый полуфабрикат содержит лигнина от 3 до 17 %, то сорбция гемицеллюлоз нейтрально-сульфитного щелока проходит достаточно активно, уровень сорбированных пентозанов достигает 2...3 %, при более высоком содержании лигнина степень сорбции значительно снижается.

Вышеприведенные данные дают основание полагать, что не только уровень сорбции, но и прочность связи гемицеллюлоз с целлюлозными волокнами, их десорбция в процессе размола также во многом определяются степенью делигнификации целлюлозы.

Для изучения этого вопроса нами проведена сорбционная обработка нейтрально-сульфитным щелоком и последующий размол до 60 °ШР сульфатной лиственничной целлюлозы с различным содержанием лигнина. Образцы целлюлозы с различной степенью делигнификации отбирали по ходу сульфатной варки; после промывки от черного щелока обрабатывали нейтрально-сульфитным щелоком с расходом 4 мл/г абс. сухой целлюлозы при температуре 80 °С, продолжительности 90 мин, концентрации волокна 10 %. В работе использовали производственный щелок Архангельского ЦБК после варки лиственничной, в основном березовой, древесины (расход химикатов на варку в среднем составляет 7,9 % в ед.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  по отношению к абс. сухой древесине, выход полуфабриката — 79,8 %). Щелок имел следующие показатели:  $\rho = 1052 \text{ кг/м}^3$ , рН 6,4, содержание пентозанов 20,5 г/л, сухих веществ 10,2 %, минеральных 3,9 %. Размол целлюлозы, изготовление отливок и определение степени десорбции сорбированных гемицеллюлоз проводили по методикам, изложенным в работе [3]. В целлюлозе и отливках содержание пентозанов определяли по ГОСТ 10820—75.

На рисунке показано влияние жесткости целлюлозы на устойчивость пентозанов в процессе размола.



Влияние жесткости целлюлозы на устойчивость пентозанов в процессе размола: 1 — в обработанной; 2 — в отливках обработанной целлюлозы; 3 — в исходной; 4 — в отливках исходной целлюлозы; 5 — прирост содержания пентозанов в целлюлозе; 6 — прирост содержания пентозанов в отливках целлюлозы

Как видно из рисунка, содержание пентозанов в образцах сульфатной целлюлозы находилось на уровне 7,1...8,4 %, причем более низкие значения получены ближе к концу варки. Сорбция пентозанов на целлюлозу возрастает с 4,0 до 7,1 % при уменьшении содержания лигнина ниже 10 %. Установлено [4], что часть гемицеллюлоз в процессе сорбции способна проникать внутрь клеточной стенки и переосаждаться там на целлюлозные фибриллы. Это, конечно, способствует их сохранению при последующем размоле целлюлозы. О том, как влияет содержание лигнина на проникновение гемицеллюлоз внутрь волокна, данных нет.