

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 630*812

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ
ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ
ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ДАВЛЕНИИ И ТЕМПЕРАТУРЕ*Б. П. ЕРЫХОВ, В. Е. ЧИБИРЕВ, А. А. ЗУЙКОВ,
М. Н. БАРАБОШКИНА*Ленинградская лесотехническая академия
ВНПОбумпром, ЦНИИБ

Резкое увеличение стоимости производства целлюлозы, сокращение сырьевых ресурсов, высокие капитальные затраты на строительство целлюлозных заводов, а также возросшие требования к охране окружающей среды способствовали разработке и быстрому промышленному внедрению новых способов производства волокнистых полуфабрикатов: термомеханической массы (ТММ) и химикотермомеханической массы (ХТММ). Однако, несмотря на большое количество исследовательских работ и уже работающих установок, процессы производства ТММ и ХТММ изучены еще недостаточно.

В большинстве известных установок для изучения вязкоупругих свойств древесины реализован метод низкочастотных колебаний [2, 4, 6], но известны установки, использующие и высокочастотные колебания [9]. Динамические испытания проводят методом свободных затухающих [5, 10] или вынужденных [3] крутильных колебаний. В методе свободных затухающих крутильных колебаний подвижную систему выводят из положения равновесия, после чего она совершает затухающие колебания.

Встречаются два типа крутильных маятников: прямые [2, 4, 8], когда верхний конец образца зажат, а к нижнему прикреплен колеблющаяся масса, и обратные [1, 5] с неподвижно зажатым нижним концом образца и колеблющейся массой, прикрепленной к его верхнему концу. Достоинства прямого крутильного маятника — простота конструкции и устойчивость положения равновесия. Однако при высоких температурах вес коромысла может вызвать дополнительную продольную ползучесть образца. Этого недостатка нет в обратном крутильном маятнике с компенсацией веса колеблющейся массы.

Предлагаемый обзор ставит своей целью информировать о состоянии этой проблемы, а также привлечь внимание к работам, проводимым в ЦНИИБе, ВНИИБе и ЛТА.

Первые работы по изучению вязкоупругих свойств древесины при размоле щепы, с использованием обратного крутильного маятника (рис. 1), проведены в 1976 г. в Стокгольме в НИИ леса [11]. Вывод колеблющейся системы из положения равновесия осуществлялся вручную, первоначальный угол закручивания составлял приблизительно 1° , частота изменялась в пределах 0,5...5 Гц. Колебания регистрировали с помощью дифференциального преобразователя.

Во время измерений образец погружали в воду, которую медленно нагревали (0,25...0,50 °С/мин). Изменение температуры в образце во время измерения (10 с) не учитывали. Этот маятник оказался непригоден для измерений на образцах с малой жесткостью, приводящей к изгибу образца за счет эксцентриситета коромысла маятника. Чтобы исключить этот недостаток, был сконструирован прямой крутильный

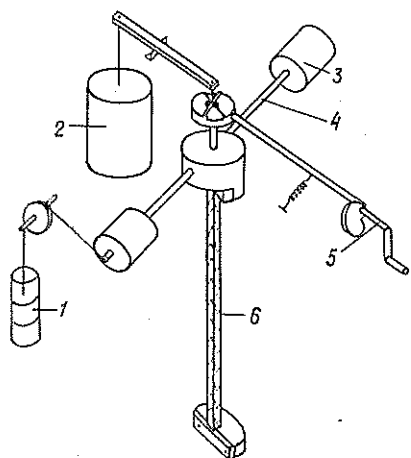


Рис. 1. Крутильный маятник: 1 — дифференциальный преобразователь; 2 — контргруз; 3 — груз; 4 — инерционный вал; 5 — устройство для первоначального закручивания; 6 — образец

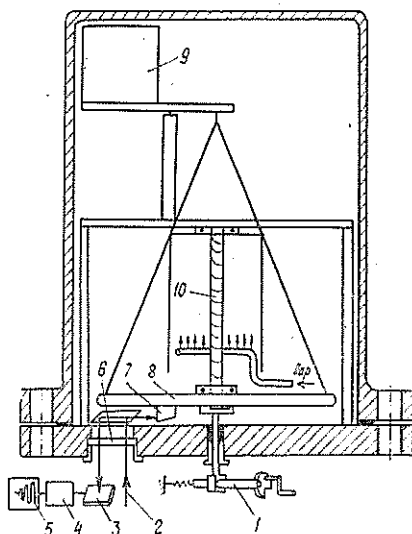


Рис. 2. Крутильный маятник: 1 — устройство для первоначального закручивания; 2 — луч света; 3 — чувствительный позиционный фотодетектор; 4 — усилитель; 5 — регистрирующий прибор; 6 — стеклянная пластинка; 7 — зеркало; 8 — инерционный диск; 9 — контргруз для компенсации веса инерционного диска; 10 — образец

маятник, в котором изгиб образца устранялся за счет использования противовеса (рис. 2).

Маятник помещали внутри резервуара, в который можно было подавать пар под давлением для нагревания образца. Возбуждение колебаний осуществляли, как и в предыдущей установке, вручную, а регистрацию — оптическим методом при помощи лазера и позиционного чувствительного фотодетектора. Этот маятник позволяет испытывать тонкие образцы (толщина 3 мм), которые более пригодны для химической обработки, чем бруски (размером $10 \times 10 \times 115$ мм), используемые в первом маятнике. Исследуемый интервал температур — $20 \dots 160$ °С при соответствующем давлении насыщенного пара.

В работе [10] применяли обратный крутильный маятник. С целью использования в оптимальном режиме работы одной оптической системы для регистрации частоты колебаний момент инерции регулировали передвижением грузов вдоль коромысла до постоянства рабочей частоты ($1 \pm 0,05$) Гц. Образцы призматической формы размером $3 \times 10 \times 110$ мм защищали пластмассовыми оболочками от потери влаги, затем всю конструкцию помещали в камеру, нагреваемую электрическим током. Интервал температур $20 \dots 100$ °С.

В генераторе крутильных колебаний [7] систему выводили из положения равновесия электромагнитами, а крутильные колебания регистрировали оптической системой (рис. 3). В процессе измерений образец помещали в температурную камеру, где температура может изменяться ступенчато. Одна из проблем при эксплуатации таких крутильных маятников — постепенное скручивание образца при испытаниях в широком температурном диапазоне, т. е. положение равновесия постепенно смещается на величину, которой нельзя пренебречь по сравнению с амплитудой колебаний. Этот недостаток устраняется за счет

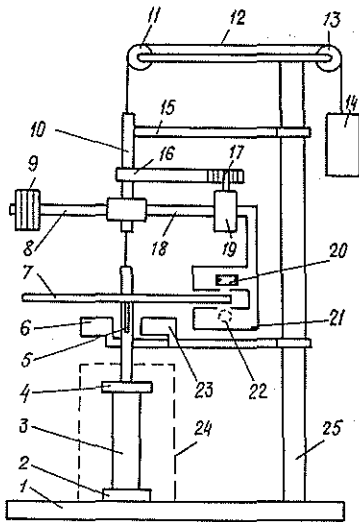


Рис. 3. Генератор крутильных колебаний: 1 — базовая плита; 2 — первый зажим; 3 — образец; 4 — второй зажим; 5 — железный стержень; 6, 23 — соленоиды; 7 — колеблющаяся плита; 8, 18 — двухплечные рычаги; 9 — контргруз; 10 — втулка; 11, 13 — направляющие ролики; 12 — проволока; 14 — контргруз; 15 — рычаг; 16 — зубчатый сегмент; 17 — зуб на приводном валу серводвигателя; 19 — серводвигатель; 20 — фоторезистор (фототранзистор); 21 — преобразователь; 22 — источник света; 24 — температурная камера; 25 — стойка

того, что первый зажим, не принимающий участия в колебаниях, вращается вокруг оси крутильного маятника серводвигателем, управляемым выходным сигналом специального регулятора, на вход которого подается сигнал преобразователя оптической системы, фиксирующего положение колеблющейся системы в каждый момент времени. Это, кстати, означает, что образец древесины работает не в упругой области, и, следовательно, используемый в этой установке измерительный закручивающий момент существенно нарушает структуру исследуемого образца.

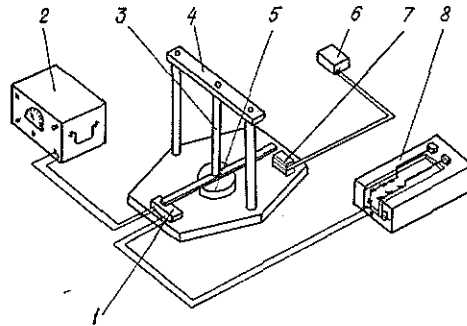


Рис. 4. Установка для измерения вязкоупругих свойств: 1 — датчик; 2 — генератор; 3 — образец; 4 — штанга; 5 — инерционный цилиндр; 6 — блок питания магнита; 7 — электромагнит; 8 — самопишущий прибор

В ЛТА был сконструирован и изготовлен прямой крутильный маятник [4, 8], упругим подвесом в котором служил сам исследуемый цилиндрический образец древесины диаметром 9 мм и длиной 160 мм (рис. 4). Продольная ползучесть образца в этой установке устранялась тем, что крутильный маятник опирался на металлическую иглу. Маятник был вмонтирован внутрь автоклава емкостью 17 л. Коромысло маятника в виде массивного цилиндра с моментом инерции $34,8 \times 10 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ закручивали на определенный угол ($\sim 1^\circ$), после чего вся система совершала

свободные затухающие колебания, регистрируемые электрической системой — индуктивным датчиком трансформаторного типа и быстродействующим самопишущим прибором Н-338. Измеряемые частоты лежали в диапазоне 2...10 Гц, что позволяло использовать в этом приборе несущую частоту 150 Гц. Погрешность в определении амплитуды колебаний составляла 2...6 %, а частоты — менее 1 %. Интервал исследованных температур 20...190 °С.

Общий недостаток описанных установок — невозможность проводить испытания образцов древесины не только при повышенных давлениях и температуре, но и непосредственно в растворе того или иного химиката, что очень важно при исследовании вязкоупругих свойств древесины применительно к размолу щепы при производстве ХТММ. Для того чтобы иметь некоторое представление о влиянии химической обработки на вязкоупругие свойства древесины, образцы подвергали предварительной пропитке и только после этого испытывали посредством крутильных колебаний, что, как правило, вносило погрешность в результаты эксперимента.

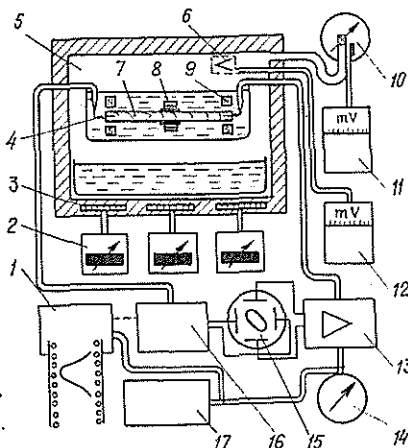
В УкрНИИБе была разработана и изготовлена установка [5], использование которой позволяет определять вязкоупругие свойства древесины непосредственно в пропиточном растворе или в атмосфере пара при выбранных рабочих условиях процесса. Основная идея установки заключается также в использовании обратного крутильного маятника.

Измеряемые частоты лежали в диапазоне 3...9 Гц. Погрешность в определении амплитуды колебаний составляла 2...8 %, а частоты — около 1 %. Для исследования вязкоупругих свойств древесины был выбран интервал температур 75...125 °С. Недостаток данной установки — отсутствие компенсации удлинения торсиона при повышении температуры.

Примером исследования вязкоупругих свойств древесины при кинетическом режиме нагружения в глицерине при температурах 20...140 °С (статический метод) может служить работа [12], в которой использовали торсионметр типа Тесквирмент. Применяемый в этой работе метод нельзя назвать неразрушающим, так как при повороте колеса происходило нарушение структуры образца.

Известны крутильные маятники для испытаний древесины с одновременным растяжением образца [6]. Такая установка не позволяет определять вязкоупругие свойства древесины при повышенных темпе-

Рис. 5. Установка для измерения вязкоупругих свойств древесины: 1 — регистрирующий прибор уровня ДБ; 2 — преобразователь; 3 — нагреватель; 4 — проволока; 5 — камера под давлением; 6 — термодатчик; 7 — образец; 8 — зажим; 9 — магний; 10 — манометр; 11 — прибор, регистрирующий давление; 12 — прибор, регистрирующий температуру; 13 — усилитель ДБ; 14 — амплитуда ДБ; 15 — осциллограф; 16 — генератор кГц; 17 — счетчик кГц



ратуре и давлении в условиях агрессивной среды, к тому же описанная система регистрации колебаний весьма несовершенна.

В Стокгольме в НИИ леса, помимо вышеописанных испытаний древесины с помощью крутильного маятника при низких частотах [11], проводили исследования вязкоупругих свойств древесины при частотах, соответствующих условиям размола в промышленном рафинере [9]. Для этого использовали электродинамический принцип приложения крутильной нагрузки (рис. 5). На оба конца цилиндрического образца древесины через радиальное отверстие, находящееся на расстоянии 1...2 см от конца стержня, наматывается тонкая медная проволока, каждый конец которой помещается в зазор постоянного магнита. При изменении частоты генератора, питающего первую обмотку, во второй обмотке фиксируется максимум переменного индуцированного напряжения, соответствующего стоячей волне в цилиндрическом образце древесины, когда пучности сдвиговых смещений расположены на торцах образца, а узел — в середине.

Для надежной фиксации резонанса (пучности смещения на торце образца) индуцированное во второй обмотке напряжение усиливается и регистрируется специальными приборами на диаграммной ленте. После нахождения точки резонанса определяется частота генератора с точностью до 1 Гц. Усилитель связан с регистрирующим прибором, скорость протяжки диаграммной ленты которого синхронизирована с частотой колебаний передающего конца образца. В процессе эксперимента при изменении частоты от 1 до 20 кГц на самопишущем приборе была получена четкая резонансная кривая. Описанная установка позволяла проводить исследования образцов древесины, пропитанных водой, при температуре от 20 до 190 °С.

На основе анализа приборов для определения вязкоупругих свойств древесины заключаем, что для этих целей с успехом можно применять метод крутильных колебаний, позволяющий, в конечном итоге, выбрать оптимальный режим гидротермической обработки древесины при производстве ТММ и ХТММ, не прибегая к стандартным испытаниям по предельным нагрузкам, а также глубже проникнуть в сущность явлений, происходящих в древесине при размоле. Однако ни одна из существующих установок в полной мере не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к ним в настоящее время, поэтому необходимо создать новое устройство, объединяющее достоинства всех вышеописанных и пригодного для исследований не только при повышенных температуре и давлении, но и в газообразной, и жидкой средах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гораздовский Т. Я., Сарбатова Л. Ф. Экспериментальные методы и принципиальные схемы средств реологических исследований.— 1976.— Т. 2.— С. 96—99.
 [2]. Ерыхов Б. П. Прибор для определения модуля сдвига древесных материалов// Лесн. журн.— 1968.— № 5.— С. 96—100. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Ерыхов Б. П. Неразрушающие методы исследования целлюлозно-бумажных и древесных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1977. [4]. Ерыхов Б. П., Липцев Н. В., Чибирев В. Е. Исследование вязкоупругих свойств древесины применительно к размолу щепы// Лесн. журн.— 1979.— № 4.— С. 61—66. (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Исследование возможности интенсификации процесса пропитки щепы при производстве древесной массы с целью повышения ее качества// Отчет УкрНИИБа.— 1980. [6]. Манасевич А. Д. Исследование внутреннего трения в древесине// Лесн. журн.— 1969.— № 6.— С. 70—73. (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Пат. 3680366 США, МКИ G 01 n 3/32 Torsional oscillation device /Kurt Moser, Beat Hochli (Швейцария).— № 86461; Заявлено 03.11.70; Опубл. 01.08.72; НКИ 73—99.— 7 с. [8]. Чибирев В. Е., Липцев Н. В. Исследование изменения вязкоупругих свойств древесины в процессе гидротермической обработки применительно к производству древесноволокнистых плит// Технология древесных пластиков и плит: Межвуз. сб.— 1978.— С. 73—79. [9]. Becker H., Höglund H., Tistad G. Frequency and temperature in chip refining// Papperi ja puu.— 1977.— Vol. 59.— N 3.— P. 123—130. [10]. Eskelinen E., Hu S. H., Marton R. Wood mechanics and mechanical pulping// Appita.— 1982.— Vol. 36.— N 1.— P. 32—38.

[11], Höglund H., Sohlin U., Tislad G. Physical properties of wood in relation to chip refining// Tappi.— 1976.— Vol. 59.— N 6.— P. 144—147. [12], Koran Z. Wood failure under torsional loading as a function of temperature// Wood and Fiber.— 1984.— Vol. 16.— N 1.— P. 12—19.

Поступила 23 сентября 1986 г.

УДК 674.053 : 621.935

О РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБАХ И ПЕРИОДИЧНОСТИ ЗАМЕНЫ ПИЛ МНОГОПИЛЬНОГО ЛЕНТОЧНОПИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В. М. МАКСИМИВ, Д. Л. ДУДЮК

Львовский лесотехнический институт

Продолжительность работы ленточных пил зависит от качества их изготовления и подготовки, от породы распиливаемой древесины, наличия в древесине инородных включений (осколки, гвозди, проволока) и ряда других факторов и соответственно носит случайный характер. Наблюдения [3] показали, что длительность работы пил находится в пределах 30...240 мин.

Для определения параметров и законов распределения продолжительности эксплуатации ленточных пил проведены исследования на ленточнопильной линии ЛБЛ-1, работающей на Киевском деревообрабатывающем комбинате.

В результате обработки данных исследования установлено, что наиболее достоверно продолжительность работы ленточных пил можно описать нормальным и эрланговским законами распределения. Ввиду универсальности за основу принят эрланговский закон распределения [1]. Установлено [3], что при распиловке березы средняя продолжительность работы $T = 150 \dots 160$ мин, параметр Эрланга $K = 4 \dots 6$. Вероятно, при распиловке древесины иных пород параметр K будет менять свое значение в ту или иную сторону; параметр K может увеличиваться за счет удаления из бревен инородных включений. Поэтому при исследовании принят расширенный диапазон варьирования параметра Эрланга, т. е. $K = 1 \dots 9$.

В результате исследований процесса функционирования ленточнопильного оборудования на Новоятском лыжном комбинате, Киевском деревообрабатывающем комбинате, Гузерипльском леспромпозе, объединении Туралес и других установлено, что время на замену одной пилы составляет от 5 до 15 мин и может быть уменьшено за счет более высокой организации взаимодействия инструментальных служб и операторов, обслуживающих оборудование; поэтому уровни варьирования данного фактора приняты равными от 2 до 18 мин. Значения коэффициентов принудительной и групповой замен заимствованы в машиностроении [2].

Для изучения зависимости потерь рабочего времени от вышеперечисленных факторов принимаем метод имитационного моделирования на ЭЦВМ. Имитационная модель воспроизводит все явления изучаемого процесса с сохранением логической структуры данного способа замены, последовательности протекания во времени, характера и состава информации о состоянии процесса.

В настоящей работе приведены результаты исследования потерь рабочего времени при следующих основных способах замены: по отказам, параллельном, смешанном, параллельном и «жестком» профилактическом [2].

При замене пил по отказам каждую заменяют по мере выхода из строя через случайный период времени безотказной работы C_j . В случае параллельной замены все пилы меняют одновременно по мере отказа одной из них. Преимущество данного способа заключается в том, что в этом случае длительность на замену одной пилы уменьшается по сравнению с индивидуальной.

Смешанный способ характеризуется тем, что каждую i -тую пилу заменяют принудительно через промежуток времени T_0 . Пилу, вышедшую из строя раньше времени