

УДК 674.817-41

В. Е. Чибирев, Н. В. Липцев  
(Лесотехническая академия  
имени С. М. Кирова)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОИЗВОДСТВУ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Гидротермическая обработка древесной щепы оказывает существенное влияние на процесс ее размола, во многом определяющий качество получаемых древесноволокнистой массы и плит. Несмотря на большое количество исследований, посвященных вопросу получения древесноволокнистой массы, изучению кинетики гидротермической обработки древесины уделяется недостаточное внимание. Во многом это объясняется отсутствием методов исследования физико-механических свойств древесины при непосредственном воздействии высокой температуры и давления. В производстве древесноволокнистых плит щепа перед размолом подвергается пропариванию насыщенным паром при 160-190°C с давлением 6-13 атм.

Целью предлагаемой работы является исследование изменения вязкоупругих свойств березовой древесины в процессе пропаривания с использованием метода крутильных колебаний.

При размоле пропаренной щепы в аппаратах дискового типа ее разрушение можно рассмотреть как сдвиг поперек волокон, сопровождающийся сжатием и смятием клеточных стенок волокна [1].

Ранее проведенными исследованиями [2] был показан характер необратимого изменения вязкоупругих свойств сосновой древесины в поперечном направлении волокон, характеризуемых динамическим модулем упругости в зависимости от температуры и продолжительности гидротермической обработки. В результате было установлено:

1. Динамический модуль упругости у образцов древесины в поперечном направлении волокон значительно ниже, чем у об-

образцов с продольным направлением волокон. Его показатели снижаются с увеличением температуры гидротермической обработки, причем более интенсивно в области высоких температур.

2. Увеличение продолжительности гидротермической обработки при разных температурах ведет к непрерывному снижению модуля упругости образцов древесины с поперечным направлением волокон по экспоненциальным зависимостям с максимальным расхождением после 16-32-минутного пропаривания.

Таким образом, на пластификацию древесины, в основном, влияет температура гидротермической обработки.

В основу созданной установки для изучения изменения физико-механических свойств древесины в процессе гидротермической обработки был положен метод крутильных колебаний [3,4]

Одним из наиболее простых и хорошо известных такого рода устройств является торсионный маятник: подвижной системе задается добавочный момент инерции путем отклонения ее от нулевого положения, после чего система совершает свободно затухающие колебания.

Торсионные маятники, работающие в режиме свободно затухающих колебаний, позволяют реализовывать диапазоны исследуемых частот от 0,01 до 25 Гц в широком интервале температур для материалов с модулями от  $10^8$  до  $10^{10}$  МПа и практически пригодны для исследования полимеров во всех их физических состояниях – от текучего до стеклообразного [4]. Типичные кривые, регистрируемые при колебаниях торсионного маятника, представляют собой изменение амплитуды колебаний подвижной системы торсиона во времени. Из этих кривых определяются период колебаний и декремент затухания, который пропорционален углу наклона кривой зависимости логарифма амплитуды от порядкового номера колебаний.

Торсионный маятник был использован в установке, представленной на рис.1. Цилиндрический образец 1 жестко связан верхним концом со штангой 2, нижним – с металлическим цилиндром 3, имеющим большой момент инерции. Цилиндр при помощи электромагнита 4 закручивается на определенный угол ( $2\text{мм} = 1^\circ$ ), после чего система совершает свободно затухающие колебания, которые регистрируются индуктивным чувствительным элементом трансформаторного типа 5.

# Электронный архив УГЛТУ

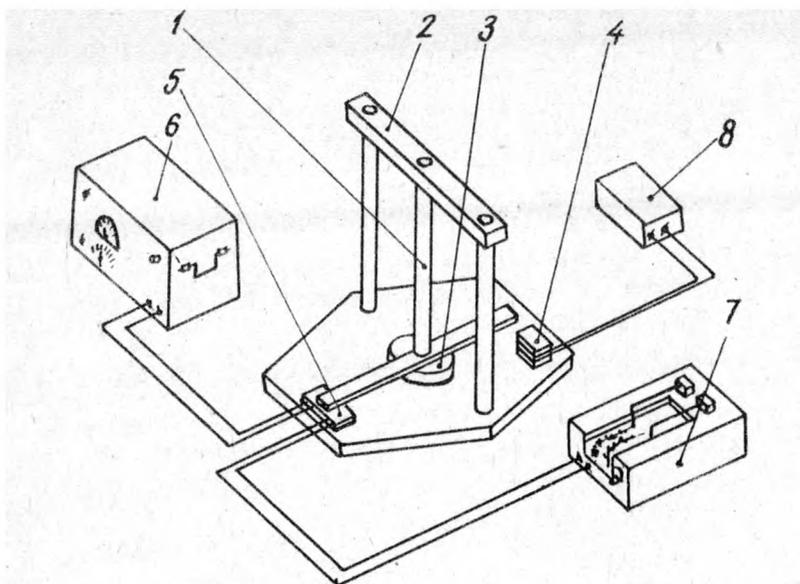


Рис. 1. Испытательная установка:

1- образец древесины; 2- штанга; 3- инерционный цилиндр; 4- электромагнит; 5- датчик; 6- генератор; 7- самопишущий прибор; 8- блок питания магнита.

Первичная обмотка чувствительного элемента подключается к генератору звуковых колебаний ГЗ-33. Она состоит из двух секций. Выходы вторичной обмотки подключались к входу быстродействующего самопишущего прибора Н-338. Благодаря соответствующему подключению секций в нейтральном положении якоря, будет нулевой уровень сигнала. Реальная характеристика индуктивного чувствительного элемента отличается от идеальной наличием некоторой нелинейности. Для достижения линейных характеристик следует ограничивать диапазон измерений выходного сигнала линейным участком реальной характеристики чувствительного элемента, что достигается при тарировке прибора.

В динамическом режиме, когда скоростью перемещения якоря относительно сердечника нельзя пренебречь, выходной сигнал содержит дополнительную квадратурную составляющую, вносящую погрешность в работу чувствительного элемента. Относительная величина этой составляющей, выраженная в процентах [5], равна отношению частоты перемещения якоря к частоте питающей сети. Основным достоинством индуктивных чувствительных элементов является большая крутизна выходного сигнала, отсутствие трущихся контактов, надежность и простота конструкции. Для условий данных измерений погрешность точности колебалась в пределах 1,5-5%.

Исследования кинетики гидротермической обработки древесины проведены на березовых образцах диаметром 9 мм, длиной 160 мм, имеющих относительную влажность 40%. Испытание образцов происходило в лабораторном автоклаве емкостью 17 л. Интервал исследованных температур 20-190°C. В процессе подъема температуры через каждые 10°C регистрировались свободно затухающие колебания торсионного маятника. Из полученных диаграмм определялись частота колебаний и логарифмический декремент затухания, для расчета динамического модуля сдвига и тангенса угла механических потерь применяли формулы [4].

$$G^* = G_1 + i G_2 \quad (1); \quad G_1 = \frac{2\ell I (4\pi^2 - A^2)}{\pi R^4} \omega^2; \quad (2)$$

$$G_2 = \frac{8\ell I A}{R^4} \omega^2 \quad (3); \quad \operatorname{tg} \delta = \frac{G_2}{G_1} = \frac{4\pi A}{4\pi^2 - A^2}, \quad (4)$$

где  $I$  – момент инерции системы;

$R$  – радиус образца;

$\ell$  – длина образца;

$\omega$  – частота затухающих колебаний системы;

$A$  – логарифмический декремент затухания;

$n$  – количество периодов колебаний.

Результаты исследований представлены графически на рис. 2.

Динамический модуль сдвига можно рассматривать как комплексную величину ( $G^*$ ). Действительная часть модуля  $G_1$ , совпадающая по фазе с деформацией, характеризует энергию, запасаемую в образце в результате деформирования. Мнимая часть

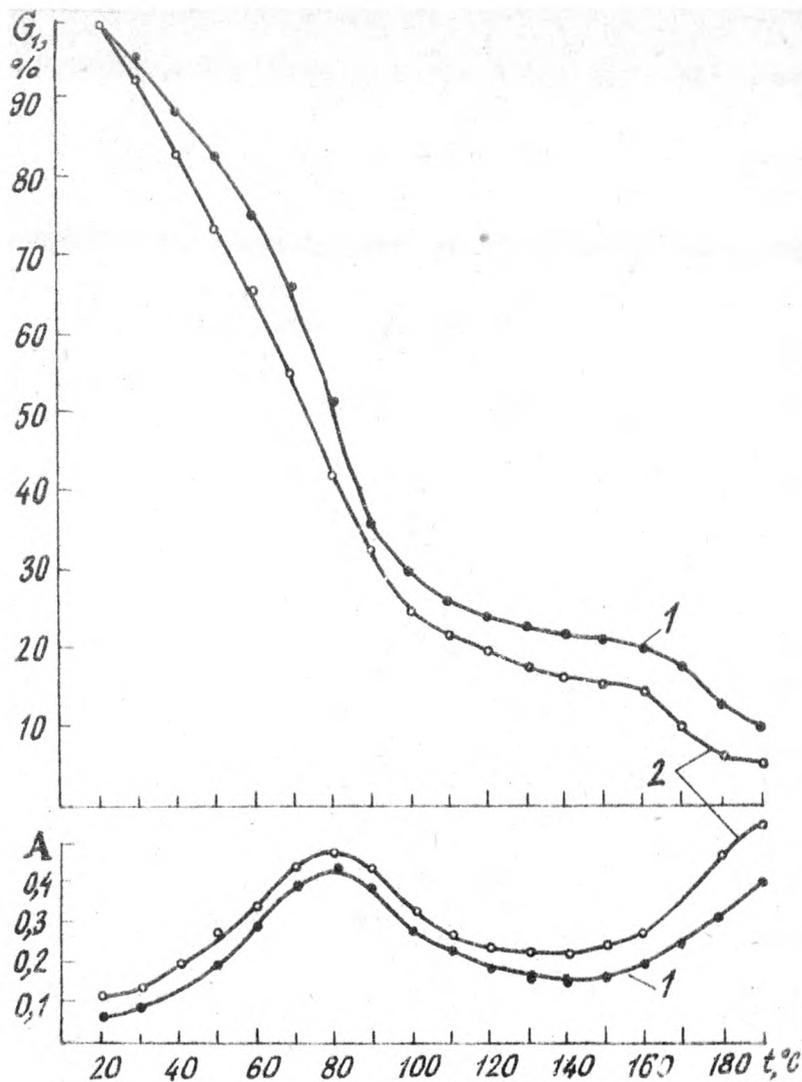


Рис. 2. График зависимости динамического модуля сдвига и логарифмического декремента затухания березовой древесины от температуры гидротермической обработки:  
 1- пропаривание без химических добавок;  
 2- пропаривание с введением мочевины.

модуля  $G_2$ , отстающая по фазе (на  $90^\circ$  для линейного вязкоупругого тела) от деформации, отражает рассеивание энергии и часто называется модулем потерь.

Обычно для оценки динамических свойств материала определяют компоненту модуля  $G_2$  и угол сдвига фаз  $\delta$  или чаще  $\operatorname{tg} \delta$ , называемый тангенсом угла механических потерь. Вместо  $\operatorname{tg} \delta$  часто пользуются логарифмическим декрементом затухания  $A$ .

Из формулы (4) можно показать, что для значений  $A$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{A}{4}.$$

На рис. 2 представлены температурные зависимости  $G_1$  и  $A$  для пропаривания без добавки химических реагентов и с введением мочевины как пластификатора в количестве 0,5% от веса древесины. На диаграмме наблюдаются области вязкоупругого, высокоэластического и вязкотекучего состояния древесины. Имеются два релаксационных перехода, обозначенных максимумами потерь на кривой изменения декремента затухания. Первый – в интервале  $80-90^\circ\text{C}$  – характеризует переход от вязкоупругого к высокоэластическому состоянию, и второй – при температурах свыше  $160^\circ\text{C}$  – характеризует переход от высокоэластического к вязкотекучему состоянию.

На всем протяжении температурной шкалы значения модуля при пропаривании с добавлением мочевины меньше, чем при чистом пропаривании, т.е. добавка мочевины ведет к снижению упругих свойств древесины. Можно ожидать в результате дополнительной пластификации более эффективного размола древесины и повышения качества плит. Прочность высушенных пропаренных образцов древесины с мочевиной на 20-30% выше прочности контрольных образцов, а прочность изготовленных древесноволокнистых плит с введением 0,5% мочевины от веса волокна в пропарочную камеру дефибратора (по данным кафедры технологии древесных пластиков и плит) повышается на 19%.

Таким образом, использование метода крутильных колебаний позволяет изучать вязкоупругие свойства древесины непосредственно в процессе гидротермической обработки. Кинетические кривые динамического модуля сдвига и логарифмического декремента затухания колебаний образцов древесины, замеряемых этим методом, способствуют определению оптимальных режимов пропаривания и размола древесной щепы с введением химических добавок или без него и могут применяться для косвенной харак-

теристики их влияния на свойства получаемых плит.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *May W.D., Attach D. A laboratory study of new mechanical pulping process - "Pulp, paper mag. of Canada" 1965, v 8.*
2. Чибирев В.Е., Липцев Н.В., Солечник Н.Я. К вопросу о температурно-временной эквивалентности гидротермической обработки применительно к производству древесноволокнистых плит. - В сб. : Технология древесных плит и пластиков. Свердловск, изд. УПИ, 1976.
3. Уорд И. механические свойства твердых полимеров. М., "мир", 1970.
4. Яновский Ю.Г., Дзюра Е.А. Маятниковые приборы для изучения вязкоупругих характеристик полимерных систем. - "Заводская лаборатория", 1969, № 1.