

Таблица 2

Но- мер пучка	S_1 , мм	S_2 , мм	$\frac{\alpha \varphi}{\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$	ψ	$\frac{\alpha \varphi'}{\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$	ψ'
			$N_0 = 6 \text{ Вт}/\text{м}^2$		$N_{0\varphi} = 60 \text{ Вт}/\text{м}^2$	
I	74	—	350	0,55	365	0,63
IV	133	74	400	0,6	430	0,71
1*	74	—	635	1	580	1
2*	133	74	665	1	604	1

* 1, 2 — номера пучков из труб [5].

что интенсивность теплоотдачи пучков из труб Хильдебранд в 1,4—1,59 раза ниже по сравнению с перспективными трубами отечественного производства.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Жукаускас А. А., Улинскас Р. В., Зинявичюс Ф. В. Теплоотдача шахматных пучков оребренных труб, поперечно обтекаемых вязкой жидкостью // Тр. АН ЛитССР. Сер. Б.— 1986.— Т. 3 (154).— С. 85—93. [2]. Кунтыш В. Б., Пирир А. Э., Федотова Л. М. Исследование контактного термического сопротивления биметаллических оребренных труб АВО // Лесн. журн.— 1980.— № 5.— С. 121—126. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Применение ЭВМ «Искра-226» для статистической обработки эмпирических критериальных уравнений оребренных пучков / В. Б. Кунтыш, В. И. Мелехов, И. Г. Рябокобыленко и др. // Информ. листок Арханг. ЦНТИ.— 1987.— № 180—87.— 4 с. [4]. Средняя теплоотдача и гидравлическое сопротивление компактных пучков из круглых оребренных труб / Илгарубис В. С., Ермаков С. И., Улинскас Р. В. и др., АН ЛитССР. Ин-т физ.-техн. проблем энергетики.— Каунас, 1984.— 22 с.— Деп. в ЛитНИИЦТИ 16.10.84, № 1311—84. [5]. Теплообмен и аэродинамическое сопротивление однорядных биметаллических калориферов для лесосушильных камер / В. Б. Кунтыш, В. И. Мелехов, Е. С. Богданов и др. // Деревообраб. пром-сть.— 1985.— № 9.— С. 7—9. [6]. Юдин В. Ф. Теплообмен поперечно-оребренных труб.— Л.: Машиностроение, 1982.— 189 с. [7]. Spraggow E. M., Samie F. Heat transfer and pressure drop results for one-and two-row arrays of finned tubes // Int J. Heat Mass. Transfer.— 1985.— No 12, vol. 28.— P. 2247—2259.

УДК 630*812

КРАТКОВРЕМЕННАЯ ПРОЧНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

Ю. М. ИВАНОВ, Ю. Ю. СЛАВИК

ЦНИИ строительных конструкций

Задержка релаксации максимальных напряжений в области вынужденных высокоэластических (ввэл) деформаций, выражающаяся при изгибе в явлении парадокса [4, 7], должна наблюдаться, как мы предполагали [3], в виде задержанного притупления пиков и при концентрации напряжений. Явление парадокса [3, 7] состоит в отсутствии роста временного сопротивления $\sigma_{вр}$ изгибу при превышении некоторой скорости нагружения в машинном испытании древесины. Наглядно это обнаруживается на графике $\lg t - \sigma$, показывающем отклонение опытных точек 1 вниз от прямой 1 длительной прочности (рис. 1, показано стрелками), которая соответствует медленному нагружению и длительной нагрузке (на рис. 1 t — время до разрушения, определяемое по продолжительности испытания t_1 с постоянной скоростью нагружения до момента разрушения [7]; σ — разрушающее напряжение при испытаниях моделино возрастающей нагрузкой (точки 2) или постоянное напряжение при длительных испытаниях (точки 3); σ , % к σ_{max}).

Известно, что превышение крайним напряжением предела вынужденной высокоэластичности $\sigma_{вэ}$ древесины [5] сопровождается интенсивным развитием перед разрушением изгибаемого элемента нелинейных ввэл деформаций, скорость которых растет экспоненциально с напряжением. В крайних сжатых волокнах изгибаемого элемента скорость краевой деформации определяется упругим ядром на остальной части поперечного сечения, сдерживающим развитие ввэл деформаций, что вызывает релаксацию напряжений в этих волокнах (появление зачаточной складки разрушения в них определяет потерю несущей способности изгибаемого элемента). При испытаниях с повышенными скоростями нагружения создаются условия задержки развития

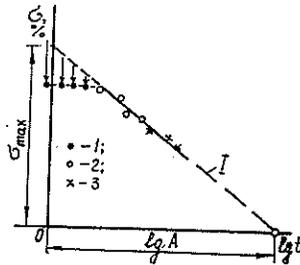


Рис. 1. Схема парадокса сопротивления древесины изгибу: опытные точки в зоне парадокса (1); для медленного нагружения (2); для длительной нагрузки (3)

релаксации, приводящей к сокращению времени до образования складки и разрушению со сниженной величиной $\sigma_{вр}$, т. е. явлению парадокса [4, 7].

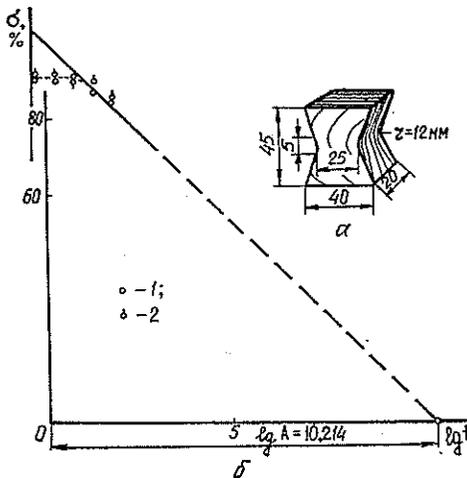


Рис. 2. Результаты испытаний древесины на растяжение поперек волокон с разной скоростью нагружения: а — схема образца (размеры в миллиметрах); б — график $\lg t - \sigma$ с опытными точками для древесины сосны (1) и осины (2)

Для проверки высказанного предположения в случае концентрации напряжений были использованы результаты испытаний на растяжение поперек волокон, проведен-

Результаты испытаний древесины на растяжение поперек волокон с разной скоростью нагружения

Порода (влажность, %)	Скорость нагружения, МПа × мин ⁻¹	$\sigma_{вр}$, %	$\lg t$	Статистические параметры при группировании точек, %				
				σ_0	$R_{ср}$	S	m	$\pm a$
Сосна (10,3)	0,2	85,5	1,674	101,38	10	3,23	0,65	1,27
	0,6	90,6	1,178					
Осина (9,4)	0,2	85,0	1,664					
	0,6	87,9	1,186					
	0	0	10,214					
Сосна (10,3)	2,0	90,6	0,654					
	6,0	92,3	0,178					
	20,0	92,3	-0,343					
Осина (9,4)	2,0	92,1	0,664					
	6,0	90,7	0,189					
	20,0	92,1	-0,337					

Примечание. $R_{ср}$ — средний размах выборок; S — среднее квадратическое отклонение; m — ошибка S ; a — доверительный интервал изменений σ'_0 и σ''_0 ; достоверность разницы между σ'_0 и σ''_0 $t_{0,05} = 11,56 > 1,96$.

ных с разной скоростью (в диапазоне двух порядков) Л. М. Перельгиным [8] на образцах древесины, имевших концентрацию напряжений в их наименьшем поперечном сечении (в месте закруглений радиусом 12 мм на длине 5 мм [1], рис. 2, а).

Испытаниям подвергали образцы древесины сосны и осины по 25 на точку (см. табл.) при обычной температуре. Для построения графика по схеме рис. 1 значения $\sigma_{вр}$ были выражены в процентах к σ_{max} , отсекаемому на оси ординат (для серии испытаний образцов данной породы) средней прямой, проведенной по точкам для более медленного нагружения и на оси $\lg t$ с абсциссой $\lg t = \lg A$. Согласно кинетической концепции прочности [2], $\lg A$ определяют для каждого твердого тела из значений энергии активации процесса разрушения U_0 , кДж/моль, и периода тепловых колебаний атомов τ_0 , с:

$$\lg A = \frac{U_0}{2,3RT} + \lg \tau_0 \quad (1)$$

где R — характеристика теплового движения (газовая постоянная), кДж/(моль \times град);

T — температура опыта, К.

Величину $\lg A$ для растяжения поперек волокон вычисляли путем статистической обработки результатов испытаний ступенчатой нагрузкой в широком диапазоне продолжительностей испытания, проведенных в Канаде [9]. По анализу этих данных, для растяжения поперек волокон получено значение $\lg A = 10,214$ [6].

С целью повышения точности результатов можно объединить данные испытаний обеих пород, поскольку величины $\sigma_{вр}$ выражены в процентах к своему σ_{max} . Проверка достоверности отклонений опытных значений $\sigma_{вр}$ вниз от прямой $\lg t(\sigma)$ (рис. 1, б) дала положительные результаты (см. табл., проверка сделана по той же методике, что и в работе [7]).

Следовательно, высказанное предположение о влиянии парадокса сопротивления древесины при скоростных испытаниях образцов с концентрацией напряжений подтвердилось. Эмпирический коэффициент α_3 концентрации напряжений [3] зависит от скорости нагружения (так как отклонения $\sigma_{вр}$ вниз от прямой $\lg t(\sigma)$ увеличиваются со скоростью нагружения), т. е. представляет собой, так же как и $\alpha_{вр}$, временную характеристику прочности. Средней величине $\sigma_{вр}$ из стандартных испытаний соответствует среднее значение α_3 для этих испытаний.

Итак, установленное при неоднородном напряженном состоянии (изгибе) древесины явление парадокса распространяется и на условия концентрации напряжений, в частности — при растяжении поперек волокон, характеризующемся уменьшенной величиной $\lg A$ и укороченными продолжительностями времени до разрушения. Следовательно, это закономерное явление, имеющее более общий характер, поскольку сущность его обусловлена, независимо от вида напряжений и структурных направлений, свойствами нелинейных деформаций древесины. Это явление, ярко проявляющееся при повышенных скоростях нагружения, свидетельствует также о том, что под действием длительной нагрузки процесс релаксации пиковых напряжений получает свое полное развитие при одновременно проходящем процессе накопления разрывов связей.

Сделанные выводы могут иметь существенное значение в исследованиях прочности древесины для различных случаев сложного напряженного состояния. При прогнозировании длительной прочности древесины в этих случаях за исходные данные следует принимать значения прочности, найденные из испытаний образцов древесины вне зоны влияния парадокса (рис. 1).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. ГОСТ 6336—52. Лесоматериалы. Методы физико-механических испытаний древесины.— М.: Стандартгиз., 1952.— С. 61—63. [2]. Журков С. Н. Проблема прочности твердых тел // Вестн. АН СССР.— 1957.— Вып. 2.— С. 78—82. [3]. Иванов Ю. М. О точности определения параметров длительной прочности древесины // Лесн. журн.— 1984.— № 4.— С. 62—66. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Иванов Ю. М. Парадокс сопротивления древесины изгибу // Лесн. журн.— 1987.— № 1.— С. 56—60. (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Иванов Ю. М. Энергия активации развития у ориентированного жесткоцепного полимера вынужденной эластической деформации // Высокмолек. соедин.— 1984.— Т. 6.— С. 428—430. [6]. Иванов Ю. М., Славик Ю. Ю. К методике прогнозирования длительной прочности соединений древесины на фенольных клеях // Лесн. журн.— 1987.— № 4.— С. 66—71. [7]. Иванов Ю. М., Славик Ю. Ю. Оценка длительной прочности древесины при изгибе по результатам кратковременных испытаний // Лесн. журн.— 1981.— № 2.— С. 67—70. (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Перельгин Л. М. Влияние скорости нагружения при механических испытаниях древесины // Завод. лаб.— 1938.— № 1.— С. 78—82. [9]. Madsen B. Duration of load tests of wood in tension perpendicular to grain // Forest Products Journal.— 1975.— V. 25, N 8.— P. 48—54.

УДК 674.81.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РЕЛАКСАЦИИ В ДРЕВЕСНЫХ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

М. В. ЧАРИНА, О. Ф. ИСАЕВА

Уральский лесотехнический институт

Синтез фенолоформальдегидного олигомера в присутствии древесного наполнителя привлекает внимание как способ получения высоконаполненных материалов [1]. Исследованию влияния введенного в реакционную систему наполнителя на свойства различных линейных и сетчатых полимеров уделяется большое внимание [2, 3].

В данной работе методом диэлектрической релаксации изучено изменение спектра диэлектрических потерь в фенолоформальдегидных композициях с древесным наполнителем в зависимости от способа их получения и степени наполнения.

Композиции получали двумя способами: путем смешения твердого фенолоформальдегидного резолы с древесным наполнителем и путем поликонденсации фенола и формальдегида в присутствии наполнителя.

Синтез проводили по методике, описанной в работе [4]. В качестве наполнителя использовали опилки сосны с размерами частиц 0,10...0,25 мм. Для проведения поликонденсации на наполнителе в стеклянный трехгорловый реактор с мешалкой загружали 25 г фенола, 22,76 мл формалина (37,5 %), 1,3 мл гидроксида аммония (25 %), 75 мл воды и 25, 50 или 75 г древесных опилок, выдерживали при кипении 30 мин, охлаждали до 80 °С, добавляли 9,36 мл формалина и 1,12 мл гидроксида натрия и выдерживали при этой температуре 40 мин. По окончании поликонденсации композиции сушили путем вакуумной дистилляции при давлении 2 кПа до содержания летучих веществ не более 6 %. Для получения смесей с твердым резолом использовали наполнитель, предварительно обработанный катализаторами процесса поликонденсации по режиму, описанному выше.

Значения тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$ измеряли в вакууме с помощью моста Р-571 при частоте 1 кГц с погрешностью 3 % в интервале — 160... + 40 °С. Перед измерениями $\text{tg } \delta$ композиции выдерживали при 50 °С в вакууме в течение 6 ч. Емкость составляла 30...50 пФ при толщине слоя в измерительной ячейке 0,18...0,25 мм.

Анализ показал, что композиции, полученные путем поликонденсации на наполнителе, содержат: 2 — 14; 3 — 22; 4 — 38 % экстрагируемого ацетоном связующего. Соответственно такими же взяты соотношения масс олигомера и наполнителя при получении композиций путем смешения (образцы 5—7).

Спектры диэлектрических потерь для композиций представлены на рис. 1.

Олигомер имеет максимум $\text{tg } \delta$ в области — 80 °С, который для композиций смешался в сторону более низких температур. Его можно отнести к релаксационному процессу, обусловленному подвижностью метильных групп. Повышение значения $\text{tg } \delta$ в области положительных температур, по-видимому, связано с механизмом разрыва молекулярных связей свободного фенола с макромолекулами олигомера. При введении наполнителя в количестве 62 % появляется дополнительный максимум, возможно, связанный с сегментальной подвижностью олигомера, структура которого «разрыхляется» наполнителем. При повышении его содержания значение $\text{tg } \delta$ снижается и наблюдается один размытый максимум, что можно объяснить снижением подвижности и увеличением набора кинетических элементов. Авторы работы [6], при введении в новолачную смолу древесной муки, наблюдали снижение температуры максимума $\text{tg } \delta$ в области — 10 °С, названной ими β -переходом и отнесенной к подвижности главных цепей макромолекулы фенолоформальдегидного олигомера. Одновременно отмечено подавление максимума в области — 130 °С, названной γ -переходом и отнесенной к подвижности фенольных групп на концах сетчатой структуры.

Сравнение спектров 2, 3, 4 и 5, 6, 7 соответственно показывает, что начало движения мелко- и крупномасштабных кинетических элементов в композициях, полученных смешением олигомера с наполнителем, проявляется при более низкой температуре, чем в композициях, полученных поликонденсацией в присутствии наполнителя. Это согласуется с проведенными нами термомеханическими испытаниями композиций на весах Каргина. Введение древесного наполнителя при синтезе фенолоформальдегидного олигомера снижает температуру, при которой образуется трехмерная сетка с определенным модулем упругости. Такие композиции при 160...180 °С и давлении