

УДК 674.049.002.61

И.О.Зиединьш, Э.В.Ожонов

(Институт химии древесины АН Латвийской ССР)

ТЕПЛОВАЯ АКТИВНОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОЛИСТИРОЛОМ ДРЕВЕСИНЫ

Теплофизические свойства модифицированных древесных материалов в значительной мере определяют не только технологические режимы их получения, но и сферу их применения и условия эксплуатации, могут быть использованы для диагностики структуры и качественных показателей модифицированной древесины. Однако эти свойства до сих пор изучены мало: в технической литературе данные по тепловой активности модифицированной полистиролом древесины отсутствуют.

Тепловая активность - это комплексная теплофизическая характеристика материала, учитывающая теплопроводность, плотность и теплоемкость материала:

$$A = \sqrt{\lambda \rho c}, \quad (I)$$

где A - тепловая активность, $\text{Вт} \cdot \sqrt{\text{с}} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$; λ - коэффициент теплопроводности, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$; ρ - плотность, $\text{кг} / \text{м}^3$; c - теплоемкость, $\text{Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$.

Используемая для опытов модифицированная древесина была изготовлена по разработанным в лаборатории модификации древесины ИХД режимам и рецептуре. В качестве исходного материала были взяты заготовки березовой древесины размерами 65 x 50 x x 500 мм (соответственно в тангенциальном, радиальном и продольном направлениях волокон), которые пропитывались мономерным составом, содержащим 90% стирола, 10% триэтиленгликолевую диэфир метакриловой кислоты (ТГМ-3) и инициаторы полимеризации. Влажность древесины перед пропиткой была доведена до 7...8%; плотность при этом составляла 630 $\text{кг} / \text{м}^3$. Применялся следующий режим пропитки: предварительное вакуумирование пропитываемых заготовок в закрытом автоклаве в течение 30 мин и последующая выдержка их под уровнем пропиточной жидкости при давлении 0,2 МПа в течение 45 мин. В зависимости от того, какое разрежение в структуре древесины отдельных заготовок оставалось перед их помещением в пропиточную жидкость, получен материал с разной степенью пропитки. Полимеризация моно-

мерного состава в древесине была проведена путем термической обработки заготовок. Заготовки в потоке интенсивно циркулирующей по камере термообработки смеси газов, состоящей из азота и паров стирола, выдерживались 9 ч: при температуре 65°C – 5 ч и при 95°C – 4 ч. В результате были получены модифицированные полистиролом заготовки, имеющие разные привес полимера и плотность.

Натуральные и кодированные уровни плотности модифицированной древесины приведены в табл. I.

Таблица I

Натуральные и кодированные значения уровней плотности

Показатели	Значения плотностей		
	натуральные, X , кг/м ³	кодированные, x	
	диапазон значений	среднее значение	
Уровень плотности			
I	850...900	875	-1,5275
2	900...950	925	-1,0911
3	950...1000	975	-0,6546
4	1000...1050	1025	-0,2182
Основной	—	1050	0
5	1050...1100	1075	0,2182
6	1100...1150	1125	0,6546
7	1150...1200	1175	1,0911
8	1200...1250	1225	1,5275
Интервалы варьирования	—	50	0,4364

Матрица экспериментов и средние экспериментально полученные значения тепловой активности (\bar{y}_A) представлены в табл. 2, где приведены также данные для расчета значений коэффициентов уравнения.

Для аппроксимации изменения тепловой активности использована модель второго порядка:

$$\hat{y}_A = b_0 + b_1 x + b_{11} x^2, \quad (2)$$

где \hat{y}_A – тепловая активность, Вт√C/(м²·К); b_0, b_1, b_{11} – коэффициенты полинома; x – плотность модифицированной древесины.

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 2

Матрица опытов и экспериментальные значения тепловой активности (\bar{y}_A)

Номер режима	x	$\frac{y_A}{\frac{\text{Вт}\sqrt{C}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}}$	Множители для коэффициентов		
			b_0	b_1	b_{11}
1	-1,5275	524	-0,0935	-0,1909	0,2185
2	-1,0911	558	0,0938	-0,1364	0,0312
3	-0,6546	572	0,2186	-0,0818	-0,0936
4	-0,2182	585	0,2811	-0,0273	-0,1561
5	0,2182	611	0,2811	0,0273	-0,1561
6	0,6546	643	0,2186	0,0818	-0,0936
7	1,0911	685	0,0938	0,1364	0,0312
8	1,5275	731	-0,0935	0,1909	0,2185

Модель тепловой активности (\hat{y}_A) и результаты проверки значимости коэффициентов показаны в табл. 3.

Таблица 3

Модель тепловой активности и результаты проверки значимости коэффициентов

Коэффициент	b_i	$S b_i$	t
b_0	601,1	2,41	249,4
b_1	63,4	1,58	40,1
b_{11}	12,6	1,82	6,9
$t_{0,05}(24) = 2,06$			

Модель тепловой активности в натуральной форме:

$$A = 1078,3 - 1,4623 \rho + 9,5984 \cdot 10^{-4} \rho^2, \quad (3)$$

где A - тепловая активность, $\text{Вт}\sqrt{C}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; ρ - плотность модифицированной древесины, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Необходимо отметить, что модель в кодированной форме (см. табл. 3) описывает изменения тепловой активности не только в зависимости от плотности модифицированной древесины, но и в зависимости от любых других факторов, которые имеют непосредственную линейную связь с плотностью материала, например, от объемных концентраций компонентов материала - полистирола и воздуха. Эти

и другие параметры, характеризующие различные концентрации компонентов в материале, приведены в табл. 4.

Для характеристики изменения тепловой активности от объемной концентрации полистирола ($V_{\text{пс}}$) в материале при помощи модели в кодированной форме (см. табл. 3) получена следующая зависимость в натуральной форме:

$$A = 537,8 - 267,2 V_{\text{пс}} + 1084,6 V_{\text{пс}}^2 \quad (4)$$

Экспериментальные и рассчитанные значения тепловой активности показаны на рисунке. Как видно, тепловая активность модифицированной полистиролом древесины находится в прямой зависимости от плотности материала: чем больше объемная концентрация полистирола в древесине или чем меньше объемная концентрация воздуха в материале, тем больше тепловая активность. Коэффициент корреляции между плотностью материала, объемными концентрациями полистирола и воздуха, с одной стороны, и тепловой активностью, с другой, равен 0,97.

Нами рассчитана тепловая активность модифицированной полистиролом древесины также при помощи методов обобщенной проводимости в зависимости от объемных концентраций полистирола и воздуха. Результаты расчетов показаны на рисунке (кривая 2). Как видно, совпадение расчетных и экспериментальных значений удовлетворительное.

Возрастание тепловой активности с увеличением объемного содержания полистирола в материале подтверждает, что полистирол в древесине находится в полостях клеток, занимая там место воздуха. Тепловая активность полистирола примерно в 70 раз больше тепловой активности воздуха. Нижний участок кривой 2 (при $\rho = 630 \text{ кг/м}^3$) отсекает на оси ординат отрезок, равный величине тепловой активности натуральной древесины березы (влажность 7%); верхний участок кривой (при $\rho = 1241 \text{ кг/м}^3$) дает возможность оценить тепловую активность модифицированной древесины, когда объемная концентрация воздуха в материале равна 0. Тепловая активность в результате введения в древесину полистирола возрастает почти линейно (кривая 2) на $245 \text{ Вт } \sqrt{\text{с}} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, или в 1,5 раза.

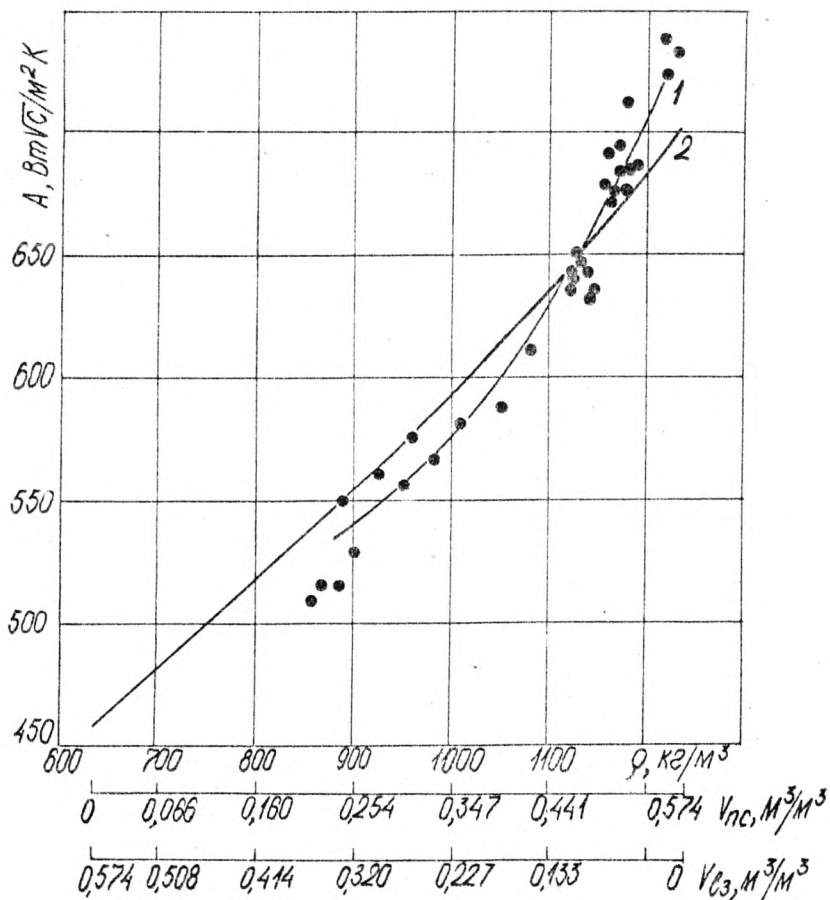
Из полученных и проанализированных результатов следует, что объемные концентрации полистирола и воздуха в модифицированной древесине, а также ее плотность могут быть предсказаны

Таблица 4

Содержание и концентрация компонентов модифицированной полистирольной древесины в материале

Плотность модифицированной древесины ρ кг/м ³	Весовые содержания в единице объема материала, кг/м ³	Полистирол	Вода	Весовые содержания в единице массы материала, кг/кг	Относительное содержание	V _{лс}	V _{вз}	V _{дв}	V _в
875		245		0,39	0,28	0,2300	0,3440		
925		295	41	0,47	0,32	0,2770	0,2970		
975	589	345		0,55	0,35	0,3239	0,2501	0,3850	0,0410
1025		395		0,63	0,38	0,3709	0,2031		
1075		445		0,71	0,41	0,4178	0,1562		
1125		495		0,79	0,44	0,4648	0,1092		
1175		545		0,86	0,46	0,5117	0,0623		
1225		595		0,94	0,49	0,5587	0,0153		
1050		420		0,67	0,40	0,3944	0,1796		

Примечание. Средние значения исходной натуральной древесины березы: плотность - 630 кг/м³; влажность - 7%.



Зависимость тепловой активности от плотности модифицированной полистиролом древесины березы и объемных концентраций компонентов:
 1 - кривая построена по формуле (4); 2 - кривая построена при помощи методов обобщенной проводимости; ● - значения A , полученные из опыта

с достаточно высокой точностью, исходя из тепловой активности материала, определенной неразрушающим методом.

Выводы

1. С увеличением объемной концентрации полистирола в модифицированной древесине возрастает плотность материала и его тепловая активность. При помощи методов теории обобщенной проводимости определено, что при увеличении объемной концентрации полистирола в материале от 0 до максимально возможной (57,4%) тепловая активность модифицированной древесины березы возрастает в 1,5 раза.
2. Установлена регрессионная зависимость между плотностью материала (ρ), объемными концентрациями полистирола и воздуха в нем ($V_{\text{по.}}$, $V_{\text{вз.}}$), с одной стороны, и тепловой активностью материала (A), с другой стороны.
3. Тесная связь между ρ , $V_{\text{по.}}$, $V_{\text{вз.}}$ и A (коэффициент корреляции равен 0,97) указывает на перспективность использования A для диагностики свойств и структурных элементов модифицированной полистиролом древесины.

УДК 678.6:541.127

А.А.Эльберт, Б.В.Рощаков,
Л.П.Коврижных, Т.Л.Грибова
(Ленинградская лесотехническая академия)

КИНЕТИКА ОТВЕРЖДЕНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО НА ОСНОВЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ И ЛИГНОСУЛЬФОНАТА

В последнее время в производстве древесностружечных плит применяют связующее, в состав которого наряду с карбамидоформальдегидной смолой входят технические лигносульфонаты. Содержание лигносульфонатов в таком связующем при использовании в качестве катализатора отверждения хлористого аммония не превышает 5...10%. Дальнейшее увеличение количества лигносульфонатов приводит к замедлению процесса отверждения связующего и, как следствие, к снижению прочности и водостойкости плит [1].

Для увеличения скорости и степени отверждения совмещенного связующего в его состав в качестве катализатора вводили персульфат аммония, так как он увеличивает скорость отверждения карбамидоформальдегидных смол [2] и, взаимодействуя с