

На рис. 2 построены кривые по критерию (10) для случая двухосного сжатия в продольно-радиальном (кривые 1, 3, 5) и продольно-тангенциальном (кривые 2, 4, 6) направлениях. Кривые 1 и 2 относятся к натуральной древесине, 3 и 4 — к древесине, модифицированной стиролом, 5 и 6 — к древесине, модифицированной смолой ПН-1. Здесь же показаны экспериментальные точки, соответствующие компонентам напряжений, для соотношений $K = 0; 0,0875; 0,178; 0,268; 0,577; 1,0; 1,73; 3,73; \infty$. Максимальное расхождение опытных данных с теоретическими значениями (при одинаковых K) для натуральной древесины составляет 22%, модифицированной стиролом — 23 и полиэфирной смолой ПН-1 — 21%. Следует отметить, что при $K < 1$ опытные точки оказались несколько выше теоретических кривых, а при $K > 1$ — ниже. Очевидно, сказывается влияние момента дополнительно возникающего в процессе деформирования образцов.

В целом же можно считать, что критерий (10) удовлетворительно согласуется с опытными данными как для натуральной, так и модифицированной древесины стиролом и смолой ПН-1.

Л и т е р а т у р а

1. С.Е. Чирков. Способ испытания горных пород. Авт. свидетельство № 279534. Бюллетень изобретений, № 27, 1970.
2. Д.И. Любецкий. К методике испытаний материалов на двухосное и трехосное сжатие. — В сб.: Механизация лесоразработок и транспорт леса, вып.2. Изд. "Высшая школа". Минск, 1972.
3. С.С. Макаревич, Д.И. Любецкий. Определение модуля упругости модифицированной древесины. — В сб.: "Модификация древесины синтетическими полимерами." Минск, 1973.
4. Е.К. Ашкенази. Анизотропия машиностроительных материалов. Изд. "Машиностроение". Л., 1969.

С.С. Макаревич, В.П. Лаптев, Д.И. Любецкий

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ПРИ СЖАТИИ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ СМОЛОЙ ПН-1

За последнее время появился ряд новых композитных материалов из древесины. Одним из видов такого материала яв-

ляется древесина, модифицированная полиэфирной смолой ПН-1. Полиэфирная смола ПН-1 хорошо проникает в поры древесины и дает возможность получать материал, обладающий высокими упругими и прочностными свойствами, что позволяет использовать его в качестве конструкционного в машиностроении, строительстве и других областях народного хозяйства. Для рационального применения указанной модифицированной древесины в силовых конструкциях необходимо проведение детальных теоретических и экспериментальных исследований с учетом эксплуатационных условий.

Древесина березы, модифицированная смолой ПН-1, представляет собой композицию природного и искусственного полимеров. При этом полимер (смола ПН-1) заполняет только полости древесных волокон и сосудов, но не проникает в клеточные стенки древесины [1].

В настоящее время существуют два пути изучения композитных материалов [2,3]: 1) когда механические постоянные определяются на основе лабораторных испытаний образцов из композитных материалов, 2) когда механические характеристики определяются через характеристики исходных компонентов. Второй путь предпочтительнее как с теоретической, так и с практической точки зрения. Он содержит элементы структурного анализа и позволяет предсказать механические свойства композитного материала по механическим характеристикам его компонентов.

В работе [4] путем структурного анализа получены зависимости упругих свойств модифицированной древесины от свойств компонентов.

При продольном сжатии

$$E_{ac}^* = E_{ac} + k(E_{ap} - E_{ac}) + k m_n E_H \quad (1)$$

При сжатии поперек волокон в радиальном и тангенциальном направлениях зависимости соответственно записываются в следующем виде:

$$E_r^* = E_r^* (1 - \eta_2) \frac{E_r E_H f(k)}{\eta_1^2 E_H^* (1 - \eta_1) E_r} ; \quad (2)$$

$$E_t^* = E_t^* + (1 - \eta_1) \frac{E_t E_H f(k)}{\eta_2^2 E_H^* (1 - \eta_2) E_t} , \quad (3)$$

где E_{ac}^* , E_{ac} , E_r^* , E_r , E_t^* , E_t - модули упругости модифицированной и натуральной древесины при сжатии вдоль волокон, радиальном и тангенциальном направлениях; E_{ap} - модуль упругости натуральной древесины при растяжении вдоль волокон; E_H - модуль упругости наполнителя (смолы ПН-1);

$$\eta_1 = \frac{(1-m_n) E_t}{E_r + E_t} \quad ; \quad \eta_2 = \frac{(1-m_n) E_r}{E_r + E_t},$$

где $f(k)$ - функция, зависящая от k и удовлетворяющая условиям: $f(k=0) = 0$, $f(k=1) = 1$; k - коэффициент качества пропитки [5]; m_n - пористость древесины.

В настоящей работе исследована возможность применения этих зависимостей для определения модулей упругости древесины березы, модифицированной смолой ПН-1.

Таблица 1

Показатели	Статистические величины					
	M	n	σ	m	%,	P, %
	Натуральной древесины					
γ , г/см	0,605	20	0,0182	0,0041	3,0	0,68
E_a , кг/см	$1,96 \cdot 10^5$	10	$0,01339 \cdot 10^5$	$0,00423 \cdot 10^5$	0,68	0,216
E_t "	$6,76 \cdot 10^3$	9	$0,194 \cdot 10^3$	$0,065 \cdot 10^3$	2,87	0,96
E_r "	$1,134 \cdot 10^4$	12	$0,0243 \cdot 10^4$	$0,0072 \cdot 10^4$	2,146	0,63
E_{ap} "	$2,247 \cdot 10^5$	9	$0,07630 \cdot 10^5$	$0,02543 \cdot 10^5$	3,396	1,13
	Смолы ПН-1					
γ , г/см	1,25	10	0,024	0,0076	1,92	0,61
E_H , кг/см	$2,6146 \cdot 10^4$	15	$0,1961 \cdot 10^4$	$0,0504 \cdot 10^4$	7,5	1,92

$\gamma, \text{г/см}^3$	К	Модули упругости, кг/см^2		
		$E_{\text{оп}} \cdot 10^{-4}$	$E_{\text{теор}} \cdot 10^{-4}$	$E_{\text{оп}}$
Вдоль волокон				
1,281	0,864	23,05	23,451	+ 1,74
1,278	0,824	23,10	23,273	+ 0,75
1,276	0,821	23,41	23,259	- 0,65
В радиальном направлении				
0,796	0,188	1,235	1,256	+ 1,70
0,763	0,145	1,266	1,206	- 4,74
0,760	0,141	1,229	1,203	- 2,12
0,755	0,134	1,244	1,195	- 3,94
В тангенциальном направлении				
1,306	0,859	2,593	2,743	+ 5,78
1,277	0,822	2,686	2,761	+ 2,79
1,070	0,549	1,568	1,703	+ 8,61
0,828	0,231	0,857	0,865	+ 0,93

С этой целью экспериментальному исследованию подверглась не только модифицированная древесина, но и исходные компоненты, т.е. натуральная древесина березы и смола ПН-1.

Технологический процесс пропитки древесины осуществлялся в следующей последовательности: вакуумирование абсолютно сухой древесины до 50—60 мм рт. ст., подача иницированной (однопроцентная перекись бензоила) смолы ПН-1 и созда-

ние давления до 80 атм. По достижении заданного поглощения смолы давление снималось и производилась полимеризация пропитанной древесины при $t = 70^{\circ}\text{C}$. Одновременно в стеклянных формах полимеризовалась смола ПН-1, которой пропитывалась древесина. Таким образом, условия полимеризации модифицированной древесины и отдельно смолы ПН-1 были одни и те же.

Перед испытанием образцы натуральной и модифицированной древесины выдерживали в лабораторных условиях с влажностью воздуха $65 \pm 5\%$ и $t = 20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ до набора равновесной влажности [6].

Определение модулей упругости натуральной и модифицированной древесины производилось на образцах $20 \times 20 \times 60$ мм. Для измерения деформаций применялись рычажные тензометры с базой 20 мм и ценой деления 0,001 мм.

Результаты экспериментальных исследований натуральной древесины и смолы ПН-1 приведены в табл. 1.

Результаты испытаний модифицированной древесины и сравнение их с теоретическими значениями, вычисленными по формулам (1) -- (3), приведены в табл. 2.

Из последней видно, что теоретические значения модулей упругости хорошо согласуются с экспериментальными. Расхождение между опытными и теоретическими результатами в продольном направлении не превышает 2%, радиальном -- 5 и тангенциальном -- 9%.

Приведенные результаты показывают, что формулы (1), (2), (3), полученные в работе [4], могут быть использованы для прогнозирования модулей упругости древесины, модифицированной смолой ПН-1, через свойства исходных компонентов.

Л и т е р а т у р а

1. В.Е. Вихров, Е.П. Синюков. Размещение полимера в древесине березы, модифицированной фенолоформальдегидными смолами. -- В сб.: Лесоведение и лесное хозяйство, вып. 5. Минск, 1972.

2. А.К. Малмейстер, В.П. Тамуж, Г.А. Тетерс. Сопротивление жестких полимерных материалов. Рига, 1967.

3. В.В. Болотин. Проблемы механики армированных сред. -- В сб.: Докл. научн. техн. конф. МЭИ, М., 1965.

4. С.С. Макаревич, Д.И. Любецкий. Определение модуля упругости модифицированной древесины. -- В сб.: Модификация древесины синтетическими полимерами, вып. 1. Минск, 1973.

Б. В. Е. Вихров, С. И. Карпович. Оценка качества пропитки древесины жидкостями. — "Деревообрабатывающая промышленность", 1971, № 5.

Б. Д. И. Любецкий, С. С. Макаревич, Г. М. Хвесько. К вопросу влажности модифицированной древесины. — В сб.: Модификация древесины синтетическими полимерами, вып. 1. Минск, 1973.

А. М. Олехнович, С. Д. Туманов, Ю. Ф. Черноног

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ

Натуральная древесина березы в абсолютно сухом состоянии является достаточно хорошим диэлектриком. Но по причине высокой гигроскопичности древесина подвержена действию влажности окружающей среды, в результате чего ее свойства, особенно электрические, сильно снижаются [1—4]. Как показывают исследования [5, 6], путем модификации можно не только стабилизировать свойства древесины, но и заметно улучшить их.

Значения экспериментальных исследований электрических свойств модифицированной древесины не ограничиваются определением возможности использования ее в качестве электроизоляционного материала. Знание электрических параметров (частной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь) необходимо и для разработки технологии сушки модифицированной древесины токами высокой частоты. Кроме того, электрические методы могут быть использованы для отработки оптимальных режимов отверждения смол, введенных в древесины, а также для выяснения возможного взаимодействия вещества древесины с полимером.

В настоящей работе поставлена задача изучить электрические свойства древесины березы, модифицированной полэфирной смолой ПН-1. Полэфирная смола ПН-1 представляет собой 33%-ный стирольный раствор продукта поликонденсации диэтиленгликоля малеинового и фталевого ангидридов (МРТУ 6-05-1082-67). В качестве инициатора использовали 50%-ную пасту перекиси бензоила и дибутилфталата в количестве 0,5% от веса смолы (в пересчете на чистую перекись бензоила).