

ли учесть, что данная древесина не оказывает вредного воздействия на организм человека, животных и является трудносгораемой, то ее также можно рекомендовать для практического использования как конструкционный материал.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М., 1986.

УДК 674.048

С.С. МАКАРЕВИЧ, Г.М. ХВЕСЬКО, канд-ты техн. наук (БТИ)

### К РАСЧЕТУ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ ПРИ СЖАТИИ ВДОЛЬ ВОЛОКОН ДРЕВЕСИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ НАПОЛНИТЕЛЕМ, ПРОНИКАЮЩИМ В СТЕНКИ КЛЕТОК

Термохимическая обработка натуральной древесины приводит к изменению ее упругих свойств. При этом влияние наполнителей, проникающих и не проникающих в клеточные стенки древесины, различно. Большей жесткостью при одинаковом коэффициенте объемного заполнения пустот отличается древесина, модифицированная наполнителями, проникающими в стенки клеток. Сказываются различные условия работы под нагрузкой стенок клеток, свободных от наполнителя и заполненных им.

По формуле, имеющейся в работе [1], можно определить модуль упругости в аксиальном направлении для древесины, модифицированной наполнителями, не проникающими в стенки клеток древесины. Расчетные величины модулей упругости хорошо согласуются с опытными. Но при попытке применить эту зависимость к древесине, пропитанной наполнителем, проникающим в стенки клеток, получаем значительно заниженные по сравнению с опытными данными расчетные значения модулей упругости. Возникает необходимость учитывать в расчетных формулах повышение жесткости стенок клеток при насыщении их наполнителем. С этой целью воспользуемся выражением модуля упругости модифицированной древесины при сжатии вдоль волокон, полученным в работе [2]:

$$E_a^* = k m_n E_n + (1 - m_n) E_{д.н} \quad (1)$$

где  $k$  — коэффициент объемного заполнения пустот в древесине наполнителем;  $m_n$  — коэффициент пористости древесины;  $E_n$  — модуль упругости наполнителя;  $E_{д.н}$  — модуль упругости древесинного вещества стенок клеток, насыщенных наполнителем.

Учтем, что формулой (1) можно пользоваться при  $k > k_1$ , где  $k_1$  — коэффициент объемного заполнения пустот в древесине в том случае, если наполнитель в модифицированной древесине заполнил все пустоты стенок клеток [2]:

Таблица 1. Модули упругости древесинного вещества стенок клеток, насыщенных наполнителем

$k$	$E_a^*$	$E_{д.н}$
0,191	$19,7 \cdot 10^3$	$48,98 \cdot 10^3$
0,190	$18,7 \cdot 10^3$	$46,96 \cdot 10^3$
0,221	$20,7 \cdot 10^3$	$51,38 \cdot 10^3$
0,216	$20,3 \cdot 10^3$	$50,40 \cdot 10^3$
0,197	$19,8 \cdot 10^3$	$49,21 \cdot 10^3$
0,193	$19,2 \cdot 10^3$	$47,72 \cdot 10^3$

$$k_1 = \frac{\rho(\rho_0 - \rho_c)}{m_{\pi} \rho_c \rho_0} \quad (2)$$

где  $\rho$  — плотность натуральной древесины;  $\rho_0$  — плотность древесинного вещества;  $\rho_c$  — плотность стенок клеток древесины.

Например, для древесины березы ( $\rho = 605 \text{ кг/м}^3$ ;  $m_{\pi} = 0,607$ ;  $\rho_0 = 1530 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_c = 1180 \text{ кг/м}^3$ )  $k_1 = 0,19$ .

Из выражения (1) найдем выражение для  $E_{д.н}$ :

$$E_{д.н} = \frac{1}{1 - m_{\pi}} (E_a^* - k m_{\pi} E_n).$$

Используя опытные данные для  $E_a^*$  при соответствующих значениях  $k$ , получим среднее значение  $E_{д.н}$  при пропитке древесины березы фенолоспиртами (табл. 1). При вычислении  $E_{д.н}$  используем значения  $m_{\pi} = 0,607$ ,  $E_n = 2,46 \cdot 10^3 \text{ МПа}$ ; среднее значение  $E_{д.н} = 49,11 \cdot 10^3 \text{ МПа}$ .

Модуль упругости  $E_a$  натуральной древесины березы ( $\rho = 605 \text{ кг/м}^3$ ) при сжатии вдоль волокон равен  $18,76 \cdot 10^3 \text{ МПа}$ . Тогда модуль упругости древесинного вещества стенок клеток

$$E_d = E_a / (1 - m_{\pi}) = 47,73 \cdot 10^3 \text{ МПа}.$$

Следовательно, при заполнении субмикроруптур стенок клеток древесины наполнителем модуль упругости древесинного вещества стенок клеток при сжатии вдоль волокон в этих условиях увеличивается в среднем в 1,03 раза, т. е.  $E_{д.н} = 1,03 E_d$ .

Что касается модуля упругости стенок клеток древесины при сжатии вдоль волокон, когда субмикроруптуры стенок клеток древесины заполнены наполнителем частично ( $E'_{д.н}$ ), т. е.  $0 < k < k_1$ , то можно принять линейный закон изменения модуля упругости древесинного вещества стенок клеток с ростом  $k$ . В таком случае

$$E'_{д.н} = E_{д} + \frac{E_{д.н} - E_{д}}{k_1} k \quad (3)$$

При  $0 < k < k_1$  в работе [2] получено выражение для модуля упругости модифицированной древесины при сжатии вдоль волокон:

$$E_a^* = E_a + km_{п} E_{н} + (E'_{д.н} - E_{д}) \frac{km_{п} \rho_c}{\rho_0 - \rho_c} \quad (4)$$

С учетом выражений (3) и (2) из уравнения (4) получим

$$E_a^* = E_a + km_{п} E_{н} + \frac{(E_{д.н} - E_{д}) \rho k^2}{\rho_0 k_1^2} \quad (5)$$

Вычислим по формулам (1) и (5) значения модулей упругости при сжатии вдоль волокон древесины березы, модифицированной фенолоспиртами, и сравним расчетные значения с опытными (табл. 2).

Таблица 2. Опытные и расчетные значения модулей упругости при сжатии вдоль волокон древесины березы, модифицированной фенолоспиртами

$k$	$E_a^*$ (опыт), МПа	$E_a^*$ (расч), МПа	$\frac{E_a^* (\text{расч}) - E_a^* (\text{опыт})}{E_a^* (\text{опыт})} 100 \%$
0,183	$18,9 \cdot 10^3$	$19,55 \cdot 10^3$	3,4
0,258	$19,64 \cdot 10^3$	$19,68 \cdot 10^3$	0,2
0,222	$20,93 \cdot 10^3$	$19,63 \cdot 10^3$	-6,2
0,197	$20,70 \cdot 10^3$	$19,59 \cdot 10^3$	-5,3
0,184	$19,7 \cdot 10^3$	$19,55 \cdot 10^3$	-0,7

Как видно из табл. 2, расчетные значения модулей упругости хорошо согласуются с опытными. Это подтверждает возможность использования формул (1) и (4) для вычисления модулей упругости при сжатии вдоль волокон древесины, модифицированной наполнителем, проникающим в стенки клеток древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Макаревич С.С., Любецкий Д.И. Определение модуля упругости модифицированной древесины при сжатии // Модификация древесины синтетическими полимерами. Мн., 1973. С. 128–136.
- Хвесько Г.М. Модуль упругости при сжатии вдоль волокон древесины, модифицированной наполнителем, проникающим в стенки клеток // Механическая технология древесины. Мн., 1984. Вып. 14. С. 67–70.