

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. Уголов 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. Большой 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]:

$$E_a^* = k m_{\text{п}} E_{\text{п}} + (1 - m_{\text{п}}) E_{\text{д.п.}}, \quad (1)$$

где k — коэффициент объемного заполнения пустот в древесине наполнителем; $m_{\text{п}}$ — коэффициент пористости древесины; $E_{\text{п}}$ — модуль упругости наполнителя; $E_{\text{д.п.}}$ — 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^*	$E_{\text{д.н}}$
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	$19,2 \cdot 10^3$	$47,72 \cdot 10^3$

$$k_1 = \frac{\rho (\rho_0 - \rho_c)}{m_n \rho_c \rho_0} , \quad (2)$$

где ρ — плотность натуральной древесины; ρ_0 — плотность древесинного вещества; ρ_c — плотность стенок клеток древесины.

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

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

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

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

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

$$E_{\text{д}} = E_a / (1 - m_n) = 47,73 \cdot 10^3 \text{ МПа}.$$

Следовательно, при заполнении субмикропустот 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. $E_{\text{д.н}} = 1,03 E_{\text{д}}$.

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

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

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

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

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

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

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	$E_a^*(\text{опыт})$, МПа	$E_a^*(\text{расч})$, МПа	$\frac{E_a^*(\text{расч}) - E_a^*(\text{опыт})}{E_a^*(\text{опыт})} \cdot 100 \%$
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.
- Хесико 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.