

Расчет HG повторяется с переменной G до достижения условия $G=M$, после чего прекращается. Этому условию соответствует $G=M$ и $HG=HM$.

9. Определение для каждого из сечений $I = 0, 1, 2, \dots, N$ координат оси оптимального бруса:

$$Y(\dot{I}) = (\dot{I}) \left((CN + AN)/2 - \sqrt{(CN - AN)^2/4 - (C0 - A0)^2/4 + (H/2 + G)^2} - (C0 + A0)/2 + HM/2 - M \right) / L + (C0 + A0)/2 + M.$$

10. Определение расстояния между центром \dot{I} -го сечения бревна и осью оптимального бруса:

$$P(\dot{I}) = (C(\dot{I}) + A(\dot{I})/2) - Y(\dot{I}).$$

11. Выбор номеров замера \dot{I}_1 и \dot{I}_2 , для которых на участках для \dot{I} от 0 до $N/2$ и для \dot{I} от $N/2$ до N значения $P(\dot{I})$ по модулю будут минимальными.

12. Определение расстояния от вершины до оптимальных сечений взаимодействия спаренных, синхронно смыкающихся клещевых захватов механизма центрирования с бревном:

$$X_1 = \dot{I}_1 \Delta X; \quad X_2 = \dot{I}_2 \Delta X.$$

С некоторым дополнением приведенный алгоритм может быть использован и при смешанной подаче бревен вершиной вперед или назад.

УДК 674.048

Д.И. ЛЮБЕЦКИЙ, канд. техн. наук,
Г.М. ХВЕСЬКО, канд. техн. наук (БТИ)

ПРОЧНОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ИЗГИБЕ

В большинстве случаев элементы конструкции, изготовленные из древесины, работают на изгиб. Следовательно, при решении вопроса об использовании модифицированной древесины в качестве конструкционного материала показателем прочности при статическом изгибе является важной характеристикой. Тем более, что для натуральной древесины прочность при изгибе занимает промежуточное положение между прочностью при растяжении и сжатии вдоль волокон. Как известно, показатели механических свойств древесины зависят от влажности, причем влияние оказывает только связанная влага в стенках клеток [1]. В этой связи очень важно получить экспериментальные данные о прочности модифицированной древесины при различной влажности. Определенный интерес представляют данные о прочности модифицированной древесины при изгибе после длительного нахождения ее в воздушно-сухом состоянии и периодически-влажностных условиях.

В данной работе в качестве исследуемого материала использована древе-

сина березы, модифицированная фенолоспиртами 35 %-й концентрации, которая находилась в лабораторных (комнатно-сухих) условиях с 1972 г., т. е. 17 лет, и трудносгораемая древесина сосны (пропитка 35 %-м раствором фенолоспиртов, а после подсушки — огнезащитным составом с последующей термообработкой), находившаяся также в этих условиях с 1983 г., т. е. 6 лет. Третьим материалом является древесина сосны, модифицированная 12 %-м раствором бишофита и 15 %-м раствором метасиликата натрия, которая находилась сначала два года в обычных атмосферных условиях, а затем два года в лабораторных (комнатно-сухих) условиях. Эта древесина также относится к категории трудносгораемых материалов. Исследование прочности при изгибе проводилось и для натуральной (исходной) древесины березы после 17 лет нахождения в лабораторных условиях. Для трудносгораемой модифицированной древесины сосны сопоставления данных с натуральной древесиной нет, так как этот материал был взят из партий древесины, полученной в промышленных условиях.

Поскольку древесина в конструкциях может быть в абсолютно сухом, воздушно-сухом и мокром состояниях, то испытания образцов проводились при соответствующих значениях их влажности.

Экспериментальные исследования на статический изгиб проводились при нагружении образцов в тангенциальном направлении, так как в этом направлении прочностные показатели натуральной древесины ниже, чем в радиальном. Сечение образцов 10×10 мм. Выбор такого сечения обусловливается большей однородностью образцов и более точной достоверностью результатов их испытания при малом расходе качественной древесины.

Испытания образцов размером 10×10×150 мм (последний размер вдоль волокон) при статическом изгибе осуществлялись по четырехточечной схеме нагружения. Предел прочности вычислялся по формуле

$$\sigma_a = P_{\max} l / (ah^2),$$

где P_{\max} — максимальная разрушающая нагрузка, Н; l — расстояние между центрами крайних опор ($l = 120$ мм); a — ширина образца; h — высота образца.

Опыты проводили на машине УММ-10. Скорость нагружения образца составляла 7000 ± 1500 Н/мин. Отсчет нагрузки осуществляли по шкале с ценой деления 20 Н.

Полученные экспериментальные результаты с учетом плотности и влажности образцов приведены в табл. 1.

Анализ полученных результатов показывает, что прочность при статическом изгибе модифицированной фенолоспиртами древесины березы, как и прочность натуральной древесины, зависит от влажности. Причем для абсолютно сухого состояния практически нет различия прочности натуральной и модифицированной древесины. Для влажности 8–10 % прочность модифицированной древесины в 1,14 раза больше по сравнению с исходной натуральной. При влажности 18–20 % увеличение составляет 60 % и для мокрого состояния — 70 %. У модифицированной древесины березы как древесно-полимерного материала после 17-летнего нахождения в лабораторных условиях потери прочности из-за старения полимера фенолоспиртов не наблюдается.

Таблица 1. Средние значения прочности при статическом изгибе, МПа

Древесина	Плотность, кг/м ³	Влажность, %			
		0—2	8—10	18—20	более 30
Береза натуральная после 17 лет нахождения в лабораторных условиях	600—620	166,35	159,87	108,29	62,87
Береза, модифицирован- ная фенолоспиртами, нахо- дившаяся 17 лет в лабора- торных условиях	800—840	169,03	182,95	174,6	109,92
Сосна модифицирован- ная трудносоргаемая после 6-летнего нахождения в лабо- раторных условиях	750—780	124,32	121,67	107,78	98,48
Сосна модифицирован- ная трудносоргаемая после 2 лет нахождения во влаж- ностно-переменных и 2 лет в лабораторных условиях	400—450	40,5	46,4	42,2	32,7

Анализ полученных результатов испытания на статический изгиб трудносоргаемой модифицированной древесины сосны сразу после модифицирования и после шестилетнего нахождения в лабораторных (комнатно-сухих) условиях показывает, что и для этого материала прочность из-за старения не уменьшается. Для влажности 10—20 % она даже оказалась в 1,1 раза выше. Повидимому, это объясняется полной полимеризацией модифицирующих компонентов.

Если же сравнить полученные результаты со справочными данными прочности на статический изгиб натуральной древесины (для влажности 12 % у сосны $\sigma_{\text{и}} = 86$ МПа, у березы $\sigma_{\text{и}} = 109,5$ МПа, для влажности более 30 % у сосны $\sigma_{\text{и}} = 49,5$ МПа, у березы $\sigma_{\text{и}} = 59,5$ МПа [1]), то можно сделать вывод, что конструкции из модифицированной древесины будут работать на статический изгиб для указанных влажностей с запасом прочности.

Особый интерес представляют результаты испытаний древесины сосны, модифицированной 12 %-м раствором бишофита и 15 %-м раствором метасиликата натрия. Прочность при изгибе после пребывания два года в обычных атмосферных условиях с последующим нахождением два года в лабораторных условиях снизилась на 15,3 % по сравнению с данными после модифицирования для образцов влажностью 8—10 % и для мокрого состояния образцов 16,8 %. Поскольку данный материал два года находился на открытом воздухе под действием атмосферных осадков, то, естественно, произошла частичная потеря с верхних слоев древесины бишофита, что отразилось на уменьшении плотности. Следует отметить, что на заготовках древесины после двухлетнего нахождения во влажностно-переменных условиях появились поверхностные трещины, которые затем в лабораторных условиях больше не развивались. Ес-

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]: