

Л и т е р а т у р а

1. Вихров Ю.В., Бажанова Н.Н., Синюков Н.П. Повышение водо-влажностойкости древесины. — В сб.: Модификация древесины синтетическими смолами, вып. 3, Минск, 1973. 2. Вихров Ю.В. Определение проникающей способности синтетических смол в клеточные стенки древесины и изменение ее физико-механических показателей. — В сб.: Механическая технология древесины, вып. 1. Минск, 1971. 3. Вихров В.Е., Шмаргунов Л.А. Стабилизация форм и размеров деревянных изделий, обработанных глифталем. — "Лесной журнал", 1964, № 2. 4. Вихров В.Е. и др. Применение модифицированной древесины в машиностроении. — "Технология и организация производства", 1971, № 4. 5. Вихров Ю.В. Физико-механические свойства древесины, модифицированной фенолоформальдегидными смолами и характер распределения полимера в древесине. Автореф. канд. дис. Минск, 1971. 6. Николаев А.Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе. М.—Л., 1966.

С.С. Макаревич, Г.М. Хвесько, Д.И. Любецкий

МОДУЛЬ УПРУГОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СЖАТИИ ПОПЕРЕК ВОЛОКОН

В работе [1] получена формула для определения модуля упругости модифицированной древесины при сжатии поперек волокон, в которой влияние коэффициента пропитки K [2] на модуль упругости учтено с помощью функции $f(k) = \sin \frac{\pi k^2}{2}$. Строгого обоснования введения такой функции в работе не дано. Это было вызвано недостаточными знаниями о характере размещения полимера в полостях клеток древесины.

Целью настоящей работы является использование метода структурного анализа для получения зависимости модуля упругости модифицированной древесины при сжатии поперек волокон от характеристик исходных компонентов и коэффициента пропитки, учитывая характер распределения полимера в древесине и его работу под нагрузкой.

Как стало известно [3], полимер, практически не проникающий в стенки клеток, при частичном заполнении полостей клеток и сосудов располагается в них у стенок или по всему

контур, или по части его. В первом случае при усадке полимера образуются пустоты в середине полости клетки, во втором – с любой стороны между стенкой клетки и полимером, что указывает на случайный характер расположения пустот в поперечном сечении модифицированной древесины. Анализируя возможность передачи усилия на отдельные стенки клеток через находящийся в полостях полимер, мы пришли к выводу, что по характеру работы под нагрузкой поперек волокон оба варианта размещения полимера практически равноценны. Поэтому в качестве расчетной принята схема поперечного сечения модифицированной древесины, показанная на рис. 1. Поперечное сечение полостей клеток принято квадратным, одинаковым для всех клеток. Стенки клеток, ориентированные в радиальном и тангенциальном направлениях, различны по толщине. Полимер расположен вдоль стенок клеток.

В натуральной древесине при сжатии поперек волокон работают стенки клеток, ориентированные параллельно сжимающей силе. Будем считать, что древесное вещество клеточных стенок работает одинаково при сжатии в тангенциальном и радиальном направлениях.

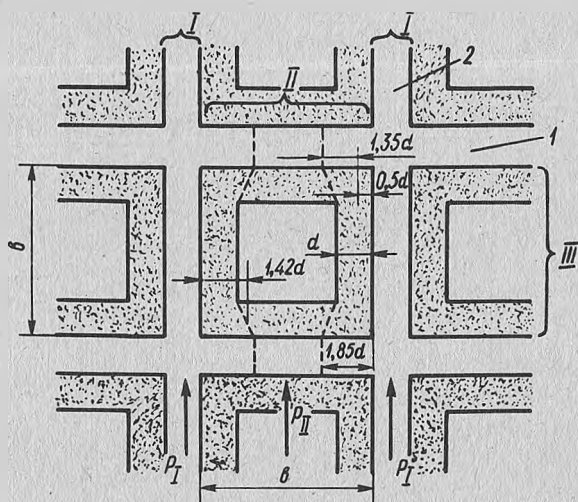


Рис. 1. Схема поперечного сечения расчетной модели модифицированной древесины: 1 – радиальное направление; 2 – тангенциальное направление.

Тогда

$$\frac{E_t}{E_r} = \frac{\eta_1}{\eta_2}, \quad (1)$$

где η_1 - часть стенок клеток, параллельных тангенциальному направлению; η_2 - часть стенок клеток, параллельных радиальному направлению.

На поперечном сечении натуральной древесины наблюдаем пересечение стенок клеток тангенциальной и радиальной ориентации. С учетом этого площадь стенок клеток в поперечном сечении равна

$$\eta_1 F + \eta_2 F - \eta_1 \eta_2 F. \quad (2)$$

С другой стороны площадь поперечного сечения древесины за вычетом площади пустот равна

$$F - m_n F, \quad (3)$$

где m_n - коэффициент пористости древесины.

Приравнявая (3) и (2), получаем

$$\eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2 = 1 - m_n. \quad (4)$$

Решая совместно (1) и (4), найдем выражения для η_1 и η_2 :

$$\eta_1 = \frac{E_r + F_t - \sqrt{(E_r - E_t)^2 + 4E_r E_t m_n}}{2E_r}; \quad (5)$$

$$\eta_2 = \frac{E_r + E_t + \sqrt{(E_r - E_t)^2 + 4E_r E_t m_n}}{2E_t}. \quad (6)$$

Для исследованной нами древесины березы ($w = 6\%$, $m_n = 0,807$, $E_t = 0,58 \cdot 10^4$ кгс/см², $E_r = 1,01 \cdot 10^4$ кгс/см²) коэффициенты η_1 и η_2 , вычисленные по формулам (5) и (6), оказались равными 0,16 и 0,277 соответственно.

Принимаем, что в модифицированной древесине полимер располагается вдоль стенок клеток ровным слоем толщиной d . Площадь, занятая полимером в поперечном сечении полости клетки, равна

$$b^2 - (b - 2d)^2 = 4d(b - d). \quad (7)$$

Тогда относительное заполнение полимером пустот, соответствующее коэффициенту пропитки,

$$k = \frac{4d(b-d)}{b^2} \quad (8)$$

Отсюда найдем толщину слоя полимера, выстилающего стенки клеток, соответствующего коэффициенту пропитки k :

$$d = \frac{b(1 - \sqrt{1-k})}{2}. \quad (9)$$

Рассмотрим сжатие модифицированной древесины в тангенциальном направлении, выделяя чередующиеся слои \bar{I} и \bar{II} . Упругие свойства слоев \bar{I} оцениваются модулем упругости натуральной древесины в тангенциальном направлении E_t . В каждом слое \bar{II} модифицированной древесины нагружаются участки полимера, расположенные в тангенциальном направлении, часть полимера, расположенного вдоль радиальных стенок клеток и часть стенок клеток древесины, перпендикулярных сжимающей силе $P_{\bar{II}}$. Нагрузка на эти стенки передается через слой полимера, толщиной d . В соответствии с [4] ширина работающего участка поперечной стенки равна 1,85 толщины слоя полимера.

Вычислим деформацию слоев \bar{II} под действием силы $P_{\bar{II}}$:

$$\frac{P_{\bar{II}} a}{E_{\bar{II}} b n_1 l} = \frac{P_{\bar{II}} (b-2d) n_2}{E_H 2d l n_1} + \frac{P_{\bar{II}} 2d n_2}{E_H 1,42 d 2l n_1} + \frac{P_{\bar{II}} \eta_2 a}{E_{Ot}^1 1,85 d 2l n_1}, \quad (10)$$

где a - размер образца в тангенциальном направлении; n_1 - количество повторяющихся слоев \bar{II} в образце; l - размер образца вдоль волокон; n_2 - количество повторяющихся слоев \bar{II} вдоль направления сжимающей силы $P_{\bar{II}}$, $b n_2 = (1 - \eta_2) a$; E_{Ot}^1 - модуль упругости стенок древесины, ориентированных в радиальном направлении при сжатии их в тангенциальном направлении $\eta_1 E_{Ot}^1 = E_t$; E_H - модуль упругости полимера при сжатии.

После подстановки в (10) значений n_2 , d , E_{Ot}^1 и некоторых преобразований имеем

$$\frac{1}{E_{\bar{II}}} = \frac{1 - \eta_2}{1,42 E_H} + \frac{1 + \eta_2}{E_H (1 - \sqrt{1-k})} - \frac{1 - \eta_2}{E_H} + \frac{\eta_1 \eta_2}{1,85 E_t (1 - \sqrt{1-k})}, \quad (11)$$

Решая относительно E_{\parallel} , получим выражение для модуля упругости слоев $\bar{\text{II}}$:

$$E_{\parallel} = \frac{2,63(1 - \sqrt{1-k})E_H E_t}{(1 - \eta_2)(1,85 + 0,78 \sqrt{1-k})E_t + 1,42\eta_1\eta_2 E_H} \quad (12)$$

Как показано в [1], для композиции, состоящей из слоев $\bar{\text{I}}$ и $\bar{\text{II}}$,

$$E_t^* = E_t + (1 - \eta_1)E_{\parallel} \quad (13)$$

Подставив в (13) значение E_{\parallel} , получим модуль упругости при сжатии модифицированной древесины в тангенциальном направлении:

$$E_t^* = E_t + \frac{2,63(1 - \eta_1)(1 - \sqrt{1-k})E_H E_t}{(1 - \eta_2)(1,85 + 0,78 \sqrt{1-k})E_t + 1,42 \eta_1 \eta_2 E_H} \quad (14)$$

Рассуждая аналогично, можно получить выражение для модуля упругости модифицированной древесины при сжатии в радиальном направлении:

$$E_r^* = E_r + \frac{2,63(1 - \eta_2)(1 - \sqrt{1-k})E_H E_r}{(1 - \eta_1)(1,85 + 0,78 \sqrt{1-k})E_r + 1,42 \eta_1 \eta_2 E_H} \quad (15)$$

Опытная проверка полученных соотношений (14) и (15) проводилась на древесине березы, модифицированной смолами ПН-1 и ЭД-5. По обоим видам пропитки отклонения теоретических значений модулей упругости от опытных составили от -19% до +17%. С ростом коэффициента пропитки разница в значениях модулей упругости в радиальном и тангенциальном направлениях уменьшается.

Л и т е р а т у р а

1. Макаревич С.С., Любецкий Д.И. Определение модуля упругости модифицированной древесины при сжатии. - В сб.: Модификация древесины синтетическими полимерами, вып. 1. Минск, 1973.
2. Хвесько Г.М., Любецкий Д.И. О количеств-

венной оценке пропитки древесины. – В сб.: Механизация лесоразработок и транспорт леса, вып. 4. Минск, 1974. 3. С и н ю к о в Н.П. Проникновение и размещение полимера в древесине сосны, модифицированной фенолоформальдегидными смолами. – В сб.: Модификация древесины синтетическими полимерами, вып. 1. Минск, 1973. 4. Тимошенко С.П. Теория упругости. Л. – М., 1937.

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

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОЛИЭТИЛЕНОМ

Установлено [1], что на электрические свойства модифицированной древесины оказывает влияние не только химический состав, но и структура введенного в нее полимера. В связи с этим представляют интерес исследования указанных свойств древесины, модифицированной смолами различных классов.

В настоящей статье излагаются результаты экспериментального исследования электрических свойств древесины березы, пропитанной низкомолекулярным полиэтиленом, представляющим собой отходы химической промышленности (содержание низкомолекулярного полиэтилена в заготовках составляло 68 – 70% от веса их в абсолютно сухом состоянии), а также результаты измерений относительной диэлектрической проницаемости, тангенса угла диэлектрических потерь естественной древесины этой породы комнатно-сухого состояния.

Электрические характеристики (удельное объемное ρ_v , удельное поверхностное ρ_s сопротивления, относительную диэлектрическую проницаемость ϵ , тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$, электрическую прочность $E_{\text{пр}}$) измеряли при температуре 20°C согласно стандартным методикам и методикам, изложенным в работах [2, 3]. Измерения указанных величин модифицированной древесины проводили как на исходных образцах тангенциального (τ) и торцевого (n) среза, так и на образцах, выдержанных 21 месяц в комнатных условиях (после чего влажность их составляла 3,5%). Электрические свойства низкомолекулярного полиэтилена (ПЭ н.м) определяли после длительной выдержки изготовленных образцов при нормально-контролируемых условиях (температура 20 ± 2°C, отно-