

Г. М. ШУТОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ СИНТЕТИЧЕСКИМИ СМОЛАМИ НА ОСНОВЕ ФУРФУРОЛЬНО-АЦЕТОНОВОГО МОНОМЕРА (ФА)*

Одним из крупных недостатков древесины как материала является ее способность поглощать и отдавать воду, меняя при этом большинство своих технических свойств. Поэтому взаимодействие древесины с водой и влагой представляет значительный интерес.

Для получения древесины, которая была бы стабильна по отношению к влаге и воде, нами использован термохимический метод модификации, описанный ранее [1]. В качестве мономеров применены соединения фуранового ряда, в частности фурфурольно-ацетоновый мономер. Одна из положительных особенностей фурановых соединений — проникаемость их в структуру древесины. Кроме того, известно, что фурфурол и его производные обладают высокой способностью вступать в реакцию.

Водопоглощение натуральной и модифицированной древесины определяли в соответствии с ГОСТ 11488—65 на 20—25 образцах размером $30 \times 30 \times 10$ мм [2] и вычисляли по формуле

$$V_{\text{м.д.}} = \frac{M_{2\text{м}} - M_{\text{м. абс. сух}}}{M_{\text{м. абс. сух}}} \cdot 100\%,$$

где $M_{2\text{м}}$ — масса образца во влажном состоянии,

$M_{\text{м. абс. сух}}$ — масса образца в абсолютно сухом состоянии.

Результаты проведенных испытаний показаны на рис. 1.

Водопоглощение модифицированной древесины за 1 сутки сильно отстает от водопоглощения натуральной. Так, при содержании полимера S^{**} , равном 46%, водопоглощение за 1 сутки составляет 15%, а у натуральной древесины за то же время оно равно 85%, т. е. в 3,8 раза больше. Если $S = 34\%$, водопоглощение модифицированной древесины составляет 28%, т. е. с увеличением содержания полимера водопоглощение уменьшается. У модифицированной древесины водопоглощение почти заканчивается в течение двух суток и в дальнейшем незначительно, тогда как у натуральной древесины этот процесс протекает интенсивнее и более продолжительное время. Так, если $S = 46\%$, водопоглощение модифицированной древесины за 30 суток около 40%, а при $S = 34\%$ составляет 60%. У натуральной древесины оно равно за тот же период 120%, т. е. почти в 2 ÷ 3 раза больше.

* Работа выполнена под руководством проф. В. Е. Вихрова.

$$**S = \frac{M_{2\text{м}} - M_{\text{абс. сух}}}{M_{\text{абс. сух}}} \cdot 100\%,$$

где $M_{2\text{м}}$ — масса образца после модификации;

$M_{\text{абс. сух}}$ — масса образца абсолютно сухой древесины.

Для определения влагопоглощения образцы размером $30 \times 30 \times 10$ мм натуральной и модифицированной древесины в количестве 20—25 штук после высушивания до абсолютно сухого состояния располагали одной из боковых поверхностей на решетке эксикатора так, что они не касались

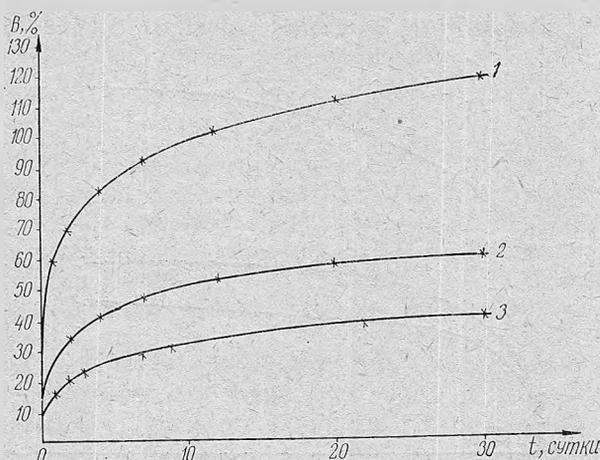


Рис. 1. Диаграмма влагопоглощения:

1 — влагопоглощение исходной древесины; 2 — влагопоглощение модифицированной древесины при $S=34\%$; 3 — влагопоглощение модифицированной древесины при $S=46\%$.

друг друга и все остальные поверхности их были совершенно свободны. Определение влагопоглощения натуральной древесины производилось по ГОСТ 11487—65.

Гигроскопическая точка модифицированной древесины вычислялась по формуле

$$W_{гм} = \frac{M_{гм} - M_{ом}}{M_{ом}} \cdot 100\%,$$

где $M_{ом}$ — масса образца модифицированной древесины в абсолютно сухом состоянии;

$M_{гм}$ — масса образца модифицированной древесины в момент очередного взвешивания.

По результатам эксперимента построена диаграмма влагопоглощения (рис. 2). Так, за сутки влагопоглощение натуральной древесины составило 13,4%, а модифицированной — 5,2% при $S=37,7\%$; при $S=50\%$ $W_{гм}=4,2\%$, т. е. в 3,2 раза меньше.

Влагопоглощение модифицированной древесины оканчивалось примерно за 16 суток и в дальнейшем возрастало незначительно, в то время как у натуральной этот процесс продолжался более 30 суток. При $S=37\%$ влагопоглощение натуральной древесины составило 24%, а модифицированной — 12%. При содержании полимера $S=50\%$ влагопоглощение модифицированной древесины равно 10%, т. е. в 2,4 раза меньше, чем у натуральной.

Для испытания на сжатие вдоль волокон использовались образцы размером $20 \times 20 \times 30$ мм. Образцы древесины, подлежащие модифика-

ции, пропитывались мономером ФА по предварительно подобранному режиму для получения определенной степени пропитки. Степень пропитки мономером колебалась от 10 до 50%. Степень пропитки меньше 10% не исследовалась, так как в этом случае не удавалось равномерно пропитать образец.

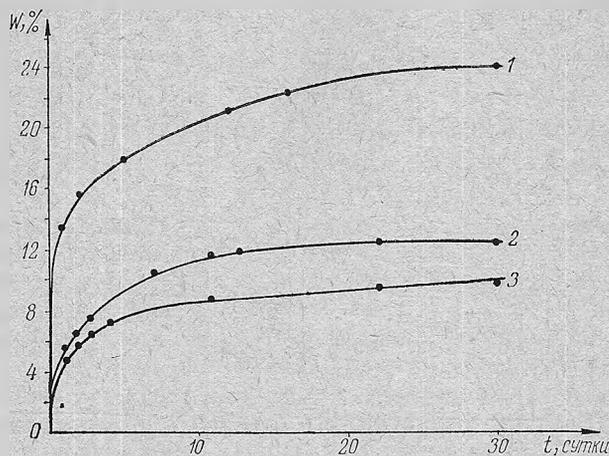


Рис. 2. Диаграмма влагопоглощения:

1 — влагопоглощение исходной древесины; 2 — влагопоглощение модифицированной древесины при $S=37\%$; 3 — влагопоглощение модифицированной древесины при $S=50\%$.

Исходная и модифицированная древесина высушивалась до абсолютно сухого состояния. Испытания проводились на универсальной пяти-тонной машине УМ-5А со скоростью 4 мм/мин в соответствии с ГОСТ 11492—65. Результаты испытаний изображены на рис. 3. Каждая точка

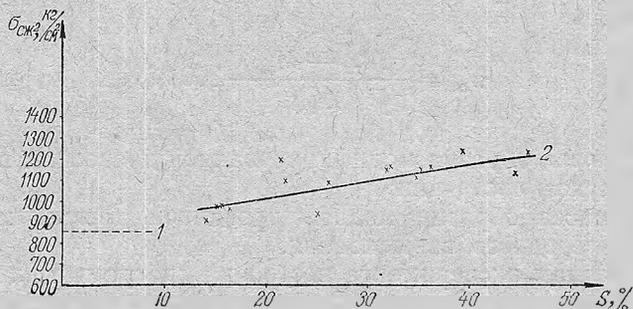


Рис. 3. Зависимость предела прочности при сжатии вдоль волокон от процентного содержания полимера:

1 — исходная древесина; 2 — модифицированная древесина.

графика представляет собой среднюю величину из испытаний 10—12 образцов. Прочность натуральной древесины составляла 860 кГс/см². Как видно из рис. 3, с повышением содержания полимера в древесине прочность образца возрастала по сравнению с натуральной. Так, при $S=30\%$ прочность возросла примерно на 27,3%, при $S=45\%$ — на 41%, т. е. повышение содержания полимера на 1% увеличивает прочность в среднем на 1%.

Результаты эксперимента при сжатии вдоль волокон выражаются в виде линейного уравнения

$$\sigma_{\text{сж}} = A + B \cdot S,$$

где $\sigma_{\text{сж}}$ — предел прочности при сжатии вдоль волокон. Коэффициенты A и B найдены методом наименьших квадратов [3]. В данном случае получилось линейное уравнение

$$\sigma_{\text{сж}} = 862 + 7,8S.$$

Пользуясь этим уравнением, можно легко подсчитать предел прочности при сжатии вдоль волокон в зависимости от содержания полимера.

Для получения сравнимых результатов все механические испытания проводились на образцах в абсолютно сухом состоянии древесины. Приведение полученных результатов к влажности 15% не делалось ввиду отсутствия поправочных коэффициентов на влажность для модифицированной древесины.

Для определения модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе применялись образцы размерами $10 \times 10 \times 150$ мм, согласно методам испытаний, рекомендованным Ю. М. Ивановым (ЦНИИСК).

Образцы испытывались на изгиб в радиальной плоскости по схеме с двумя грузами в третях пролета, равного 120 мм, с постоянной скоростью 175 ± 15 кгс/мин. Приспособление для испытаний имело закругленные опорные части и ножи с радиусом закругления 8 мм.

Определение предела прочности при статическом изгибе производилось на 10—15 одинаковых образцах модифицированной и натуральной древесины. Данные определения приведены на рис. 4.

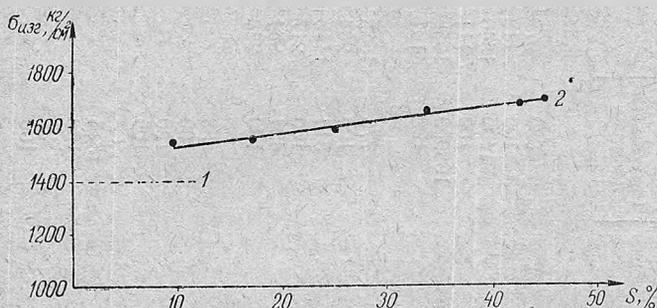


Рис. 4. Зависимость предела прочности при статическом изгибе от процентного содержания полимера в древесине: 1 — исходная древесина; 2 — модифицированная древесина.

С увеличением содержания полимера в древесине происходит возрастание предела прочности при статическом изгибе. Так, при содержании полимера $S = 34\%$ предел прочности увеличился на $17,8\%$, а при $S = 45\%$ предел прочности повысился на 21% .

Обработка экспериментальных данных методами математической статистики позволила получить следующее линейное уравнение:

$$\sigma_{\text{изг}} = 1475 + 5 \cdot S,$$

связывающее предел прочности при статическом изгибе с содержанием полимера в древесине.

Таблица 1

Показатели физико-механических свойств модифицированной древесины

Показатель	Натуральная древесина	Содержание полимера ФА, %								
		15	20	30	34	37	40	46	50	
Предел прочности:										
при сжатии вдоль волокон, кг/см ²	860	979	1018	1096	1127	1150	1174	1221	—	
при статическом изгибе, кг/см ²	100	113,5	118,5	127,5	131	133,8	136,5	142,5	—	
Модуль упругости при статическом изгибе	1400	1540	1575	1625	1645	1660	1675	1705	—	
Е _{изг} , кг/см ²	100	111	112,1	116	117	118,5	119,5	121,5	—	
Твердость Н, кг/см ²	163000	165600	166200	167200	—	167400	169000	170000	—	
торцовая	100	101,3	102	102,5	—	102,6	103,5	104,1	—	
радиальная	775	1582	—	1906	—	—	—	—	2160	
тангентальная	100	204	—	246	—	—	—	—	279	
Водопоглощение, %	514	1113	—	1387	—	—	—	—	1547	
за 1 сутки	100	217	—	270	—	—	—	—	301	
за 30 суток	424	964	—	1271	—	—	—	—	1365	
Влагопоглощение, %	100	228	—	300	—	—	—	—	320	
за 1 сутки	58	—	—	—	28	—	—	15	—	
за 30 суток	100	—	—	—	48	—	—	26	—	
за 1 сутки	120	—	—	—	60	—	—	40	—	
за 30 суток	100	—	—	—	50	—	—	33	—	
за 1 сутки	13,4	—	—	—	—	5,2	—	—	4,2	
за 30 суток	100	—	—	—	—	39	—	—	31	
за 1 сутки	24	—	—	—	—	12	—	—	10	
за 30 суток	100	—	—	—	—	50	—	—	42	

Примечание: в первой строке приводится среднеарифметическое значение, во второй — выраженное в процентах; за 100% приняты свойства натуральной древесины.

При определении модуля упругих деформаций при изгибе образцы испытывали по схеме с одним грузом в пролете, равном 120 мм, с постоянной скоростью 60 ± 5 кгс/мин.

Результаты произведенных экспериментов приведены на рис. 5.

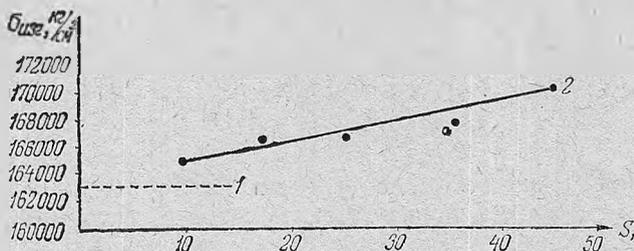


Рис. 5. Зависимость модуля при статическом изгибе от процентного содержания полимера в древесине:

1 — исходная древесина; 2 — модифицированная древесина.

Как видно из рисунка, с увеличением процентного содержания полимера модуль при статическом изгибе также увеличивается, однако это увеличение незначительно.

Для определения статической твердости применялись образцы, имеющие форму куба со стороной 50 мм. Испытание производилось по ГОСТ 11498—65.

Результаты исследования физико-механических свойств модифицированной древесины на основе фурфурольно-ацетонового мономера приведены в табл. 1.

Выводы

1. Полученные данные показали, что при применении фурфурольно-ацетонового мономера для модификации древесины можно получить древесину с высокой влаго- и водостойкостью, в 2—3 раза большей, чем у натуральной древесины. Такая модифицированная древесина может найти применение в машиностроении, где требуется высокая точность обработки деталей, стабильность их формы и размеров, а также в строительном деле для деталей, работающих в среде с переменной влажностью.

2. С увеличением содержания полимера в древесине возрастают ее прочностные показатели и твердость.

3. Получены эмпирические зависимости, связывающие прочностные свойства с содержанием полимера в древесине.

Литература

- [1] В. Е. Вихров, Ю. И. Холькин, Э. Э. Пауль, М. Э. Эрдман. Модифицированная древесина и перспективы ее использования. Минск, 1966. [2] Древесина. Методы испытаний. ГОСТ 11483—65, ГОСТ 11499—65. М., 1966. [3] Н. Л. Леонтьев. Техника статистических вычислений. М., 1966.