

Рис. 2. Поперечные срезы экспериментальных образцов:

- 1 – необработанная древесина; 2 – модифицированная древесина режимом $t = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 1\text{ ч}$;
 3 – модифицированная древесина режимом $t = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10\text{ ч}$; 4 – модифицированная древесина режимом $t = 220\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 1\text{ ч}$;
 5 – модифицированная древесина режимом $t = 220\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10\text{ ч}$

В соответствии со стандартными методиками были определены: равновесная влажность (при температуре $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха $\varphi = 50\%$), плотность, величина разбухания и усушки, влагопоглощение, предел прочности на сжатие вдоль волокон, предел прочности на сжатие поперек волокон и предел прочности при статическом изгибе [5]. Наиболее низкую влажность имели образцы, подверженные обработке более жестким режимом, соответственно плотность в абсолютно сухом состоянии у них была наименьшей. Кроме того, по сравнению с контрольными образцами у вышеупомянутых образцов наблюдалось снижение следующих физических свойств: влагопоглощения на 32 %, усушки и разбухания в тангенциальном направлении – на 56 % и 65 %, соответственно, и в радиальном направлении – на 43 % и 53 %.

Что касается механических свойств, то наблюдалась аналогичная картина их снижения для термически модифицированной древесины жестким режимом по сравнению с необработанными образцами для всех видов испытаний (динамического модуля упругости, сжатия поперек волокон и статического изгиба), кроме сжатия вдоль волокон. Полученные результаты подтверждают существующее мнение о нецелесообразности использования термомодифицированной древесины в качестве конструкций. Вместе с тем, результаты «совершенствования» физических свойств древесины граба путем термического модифицирования, влияющих на формоустойчивость свидетельствуют о возможности использования ее в качестве покрытий для пола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алпаткина Р.П. Исследование влагопроводности древесины главнейших отечественных пород: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1971. – 28 с.
2. Серговский П.С. Влагопроводность древесины // Деревообработ. пром-сть. – 1955. – №1,2. – С. 16–32, 24–31.
3. Справочное пособие по деревообработке / под ред. В.В. Кислого. – Екатеринбург: Бриз, – 1995. – 558 с.
4. Древесина. Метод определения показателя истирания (Wood. Method for determination of wear index): ГОСТ 164839–81. – М: Из-во стандартов, 1981. – 6 с.
5. Пинчевская Е., Головач В., А. Горбачева Влияние режимов термического модифицирования на физико-механические свойства граба // Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Forestry and Wood Technology. – 2014. – № 88. – С. 193–197.

УДК 630*8

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Ф.А. Портнов, аспирант каф. КБС

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

Е.Н. Покровская, д-р техн. наук, проф. каф. общей химии

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

Древесина является широко распространённым строительным материалом, возобновляемым природой. В настоящее время инновационным методом изучения структуры строительных материалов является оценка энергетической составляющей поверхности. Важно использовать энергетические критерии поверхности древесины для прогнозирования эффективности модификаторов и долговечность создаваемых защитных свойств модифицированной древесины. В ряде работ [1–4] было показано, что модифицирование древесины фосфорорганическими соединениями увеличивает ее огне- и биозащитность.

Поэтому, в качестве модификаторов были использованы эфиры фосфористой кислоты (диметилфосфит (ДМФ), диэтилфосфит (ДЭФ), дифенилфосфит (ДФФ)), полифосфаты аммония различной степени полимеризации (ПФА-1 $n > 1000$ и ПФА-2 $n > 60$), а также кремнийорганические соединения (тэтраэтоксисилан (ТЭОС), полифенилметилсилоксан (ПФМС)).

В работах [5–6] на основании теории межмолекулярного взаимодействия Гамакера была введена Гамакера (A) для расчета межмолекулярного взаимодействия между частицами. Постоянная Гамакера может быть рассчитана по уравнению (1).

$$\cos\theta = 1 + A/(12\pi h^2\sigma_{ж}), \quad (1)$$

В работе [7] установлена зависимость изобарно-изотермического потенциала поверхности материалов от поверхностного натяжения и удельной поверхности. Для изучения поверхности модифицированной древесины использовались энергетические критерии, которые могут быть получены на основании объединенного уравнения 1 и 2 начал термодинамики при изобарно-изотермических условиях (2):

$$\Delta G = (\sigma_{ж0} - \sigma_{ж1}) + \sigma_1 \ln(S_{уд}^1 / S_{уд}^0), \quad (2)$$

где σ – поверхностное натяжение жидкости до и после модифицирования, полученное при помощи установки Easy Drop и соответствующего программного обеспечения;

$S_{уд}$ – удельная поверхность образца древесины до и после модифицирования. Значения удельной поверхности образцов получены на установке NOVA 2200.

Результаты расчета ΔG приведены на рисунке 1.

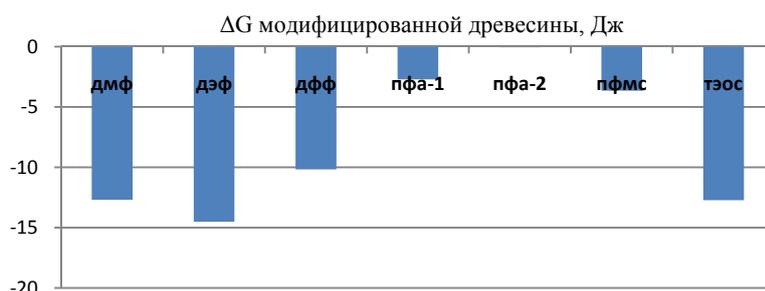


Рис. 1. Изобарно-изотермический потенциал поверхности древесины, модифицированной ДМФ, ДЭФ, ДФФ, ПФА-1, ПФА-2, ПФМС, ТЭОС

Энергетическая емкость поверхности характеризуется отрицательными значениями ΔG . Более отрицательные значения ΔG характеризуют способность поверхности к самопроизвольным процессам, то есть способности в данном случае к поверхностной модификации.

На рисунках представлены функциональные зависимости $\cos\theta = f(\sigma_{ж})$ для образцов древесины, модифицированной ДМФ (рис. 2) и ДЭФ (рис. 3), на основании которых по уравнению (1), рассчитаны значения постоянной Гамакера.

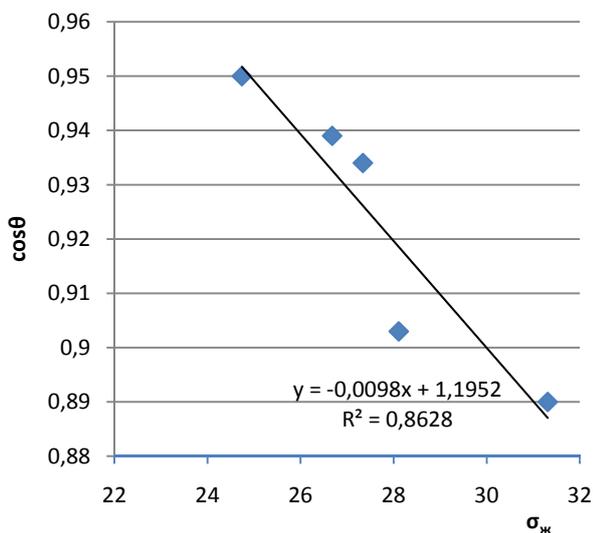


Рис. 2. Функциональная зависимость $\cos\theta = f(\sigma_{ж})$ для древесины, модифицированной ДМФ

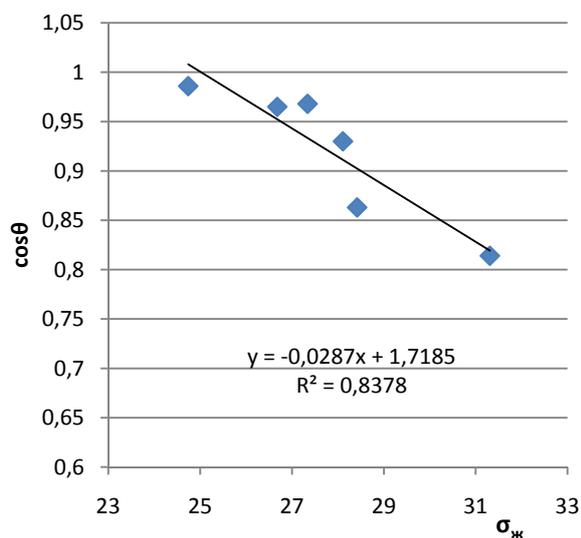


Рис. 3. Функциональная зависимость $\cos\theta = f(\sigma_{ж})$ для древесины, модифицированной ДЭФ

Значения постоянной Гамакера показаны на рисунке 4. Образец нативной древесины характеризуется высокой степенью взаимодействия компонентов лигноуглеводного комплекса. В случае применения ТЭОС и ПФМС постоянная Гамакера характеризует высокое межмолекулярное взаимодействие между частицами образовавшейся на поверхности древесины пленки с высокими гидрофобизирующими характеристиками. Эффект пленкообразования подтверждается данными электронной микроскопии (рис. 5). В случае использования в качестве модификаторов эфиров фосфористой кислоты, полифосфа-

тов аммония происходит химическое модифицирование древесины в поверхностном слое при «мягких» условиях [2]. При этом наибольшие значения постоянной Гамакера наблюдается в случае использования ДЭФ в качестве модификатора. Это свидетельствует о большей степени взаимодействия модификатора с подложкой древесины.

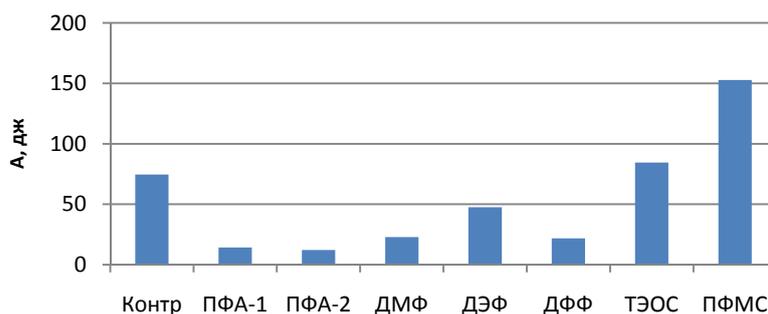


Рис. 4. Константа Гамакера образцов нативной и модифицированной древесины

На основании снимков электронного микроскопа (рис. 5) можно судить о влиянии модификаторов на поверхностный слой древесины. В случае применения ДЭФ в качестве модификатора наиболее выраженная модифицированная поверхность

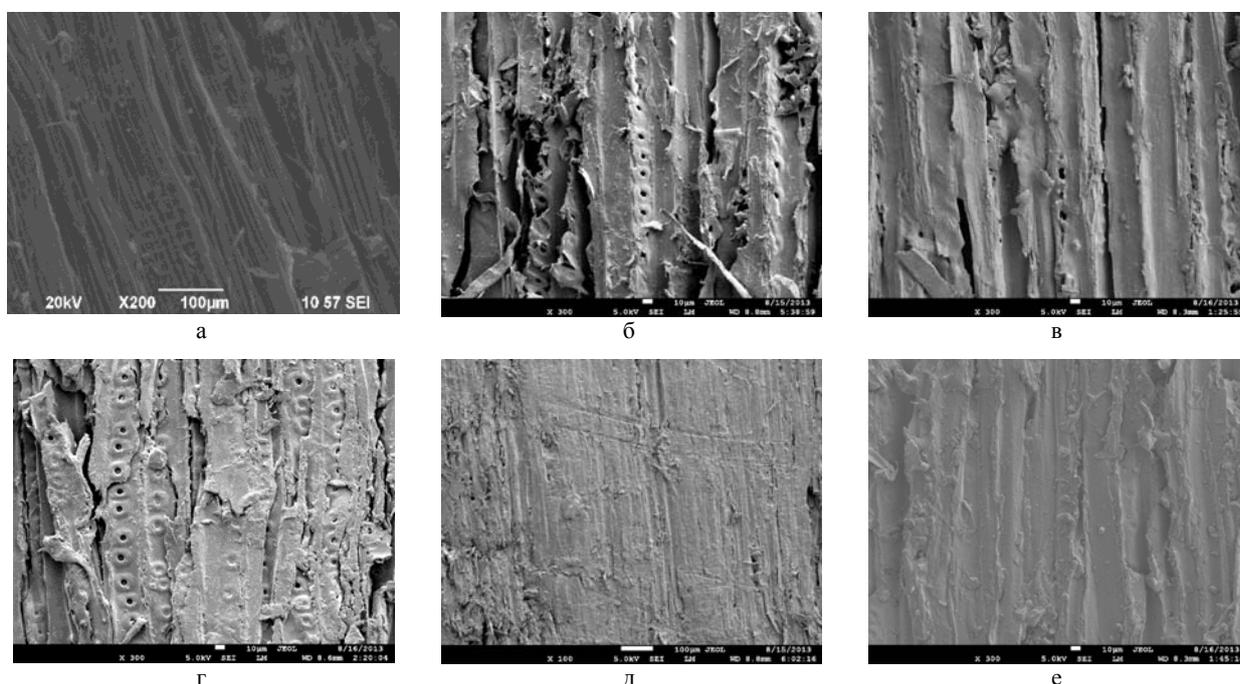


Рис 5. Снимки электронного микроскопа древесины:

а – нативной и модифицированной; б – ДМФ; в – ДЭФ; г – ДФФ; д – ПФА-1; е – ПФА-2

Как видно из снимков электронного микроскопа, характер поверхности древесины значительно зависит от природы модификатора и характеризуется различными значениями постоянной Гамакера.

Энергетические характеристики поверхностного слоя модифицированной древесины представлены в таблице 1.

Таблица 1

Данные элементного анализа модифицированной древесины, изобарно-изотермического потенциала и силы межмолекулярного взаимодействия

Показатель	Модификатор поверхностного слоя			
	ДМФ	ДЭФ	ДФФ	ПФА-1
Расход, %	0,95	3,03	2,05	2,21
А, Дж	22,88	47,51	21,7	14,31
ΔG , Дж	-12,68	-14,5	-10,16	-2,71

На основании проведенных исследований и расчетов можно сделать вывод: значения $\Delta G < 0$ и величина постоянной Гамакера характеризует возможность химического поверхностного модифицирования древесины. Чем больше значения А, тем прочнее химические связи с модификатором. образо-

вание устойчивых химических связей характеризует длительный защитный эффект (огне-, биозащита, устойчивость к старению, снижение адсорбции воды, дымоподавление [4]) (табл. 2).

Таблица 2

Дымообразующая способность и адсорбционная способность нативной древесины и древесины модифицированной фосфорорганическими соединениями

Вещество	$D_m, \text{м}^2/\text{кг}$	$a_m, \%$
Диметилфосфит (ДМФ)	510–550	160
Диэтилфосфит (ДЭФ)	160–200	155
Дифенилфосфит (ДФФ)	740–780	163
ПФА-1	400–440	188
Исходная древесина	970–1030	280

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покровская Е.Н. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементоорганических соединений // М.: Изд-во АСВ. – 2009. – 136 С.
2. Покровская Е.Н. Химико-физические основы увеличения долговечности древесины. – М.: Изд-во АСВ. – 2003. – 104 с.
3. Покровская Е.Н., Ковальчук Ю.Л. Биокоррозия, сохранение памятников истории и архитектуры: монография. – М.: МГСУ. – 2013. – 212 с.
4. Дымообразующая способность и токсичность продуктов сгорания древесных материалов при поверхностном модифицировании элементоорганическими соединениями / Е.Н. Покровская, Ф.А. Портнов, А.А. Кобелев, Д.А. Корольченко Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – Т. 22. – № 10. – С. 40–46.
5. Дерягин Б.В., Абрикосва И.И., Лифшиц Е.М. Молекулярное притяжение конденсированных тел // Успехи физических наук. 1958. Т. LXIV. Вып. 3. – С. 494–526
6. Дерягин Б.Д., Чураев Н.В. Смачивающие пленки. – М.: Наука, 1984. – 60 с.
7. Айзенштадт А.М. Термодинамическая оптимизация состава нанокмозитов горных пород // Инновационные материалы и технологии для строительства в экстремальных климатических условиях: Материалы конференции. – Архангельск: САФУ, 2014. – 244 с

УДК 630*812

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ПОПЕРЕК ВОЛОКОН ДРЕВЕСИНЫ КОЛЬЦЕСОСУДИСТЫХ ПОРОД

Б.Н. Уголев, д-р техн. наук, профессор,

ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи, РФ

ugolev@mgul.ac.ru

Г.А. Горбачева, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи, РФ

gorbacheva@mgul.ac.ru

А.А. Калинина, вед. инженер, ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи, РФ

kalinina@mgul.ac.ru

Д. В. Смирнов, студент, ФГБОУ ВПО МГУЛ, г. Мытищи, РФ

luxsor96@mail.ru

Данная статья посвящена исследованию деформационных превращений поперек волокон, редуцированной усушки древесины дуба. Приводится сравнительный анализ закономерностей деформирования для древесины дуба и ясеня.

Материаловедческие показатели эффекта памяти формы древесины обоснованы на ее деформационных превращениях. Ряд деформационных превращений наблюдается в замороженных деформациях [1, 5, 8–11]. В направлении поперек волокон деформационные превращения имеют сложный характер, обусловленный усушкой, и могут быть использованы для разработки режимов сушки [3, 4, 12]. Было показано, что замороженная усушка линейно зависит от величины растягивающих напряжений [4, 6, 7]. Особенности строения древесины на различных уровнях (макро-, мезо-, микро-, нано-) отражаются на показателях деформационных превращений. Для исследований были использованы образцы из древесины кольцесосудистых пород – дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.).

Экспериментальные исследования деформационных превращений были проведены по ранее разработанной методике на установке кафедры древесиноведения [4], которая позволяет измерять и регулировать температуру от 20 до 80 °С и влажность воздуха до 100 %, величину растягивающей нагрузки, перемещения с точностью до 0,002 мм. Испытания на растяжение в тангенциальном направлении проводились на образцах из древесины дуба и ясеня размерами 30×17×3 мм, с рабочей частью 25 мм. Начальная влажность образцов превышала предел насыщения клеточных стенок. Экспериментальная установка дополнительно была оснащена устройством для измерения текущей влажности испытуемого образца.