

5. Круглые, металлические, металлопластиковые, гибкие и полугибкие, неметаллические воздуховоды – их преимущества и недостатки. [Электронный ресурс]. URL: <http://armada-climate.ru> (дата обращения: 26.06.2013).

6. Богуславский К. Аспірація на виробництві: практичні рекомендації. За матеріалами Всеукраїнської галузевої газети "Деревообробник". [Электронный ресурс]. URL: <http://www.derevo.info> (дата обращения: 24.06.2013).

7. Пилорамы "Зубр 5P", "ДПУ–500", "ПДУ–100", "Ц2УБС–2". Что же всё-таки лучше? Интернет-форумы лесной отрасли.

Обсуждение: Оборудование, инструменты. [Электронный ресурс]. URL: <http://forums.wood.ru> (дата обращения: 24.06.2013).

8. Балашов В. Звенья воздушного лабиринта // Журнал "Идеи Вашего Дома". М., 2008. Вип. № 2 (114).

9. Пилипчук М.І., Бурдяк М.Р. Особливості кінематики процесу ортогонального пиляння колод круглими пилками // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка: зб. наук.-техн. праць «Системотехніка і технології лісового комплексу». Харків, 2012. Вип. 123. С. 135-142.

10. Паспорт поздовжньо-обрізного верстата ВПО–1 «Ясень-Баракуда». 10 с.

УДК 630*812:674.812

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ И ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры химии **А. И. Дмитренко**¹
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры инженерной экологии и техногенной безопасности **С. С. Никулин**²

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры инженерной экологии и техногенной безопасности **О. Н. Филимонова**²

кандидат технических наук, преподаватель кафедры безопасности технологических процессов **Н. С. Никулина**³

1 – ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»

2 – ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

3 – ФГБОУ ВПО «Воронежский институт МЧС ГПС России»

chem@vglta.vrn.ru, Nikulin_sergey48@mail.ru

В настоящее время древесина остается одним из самых доступных, возобновляемых и потому широко востребованных природных материалов. Благодаря своим ценным свойствам она находит достаточно широкое применение в различных отраслях промышленности и строительства. К

таким ценным свойствам древесины относится то, что она является достаточно прочным и в то же время легким материалом, хорошо противостоит ударным и вибрационным нагрузкам, а также обладает отличными теплоизоляционными свойствами. Древесина отличается высокими де-

коративными свойствами, является немагнитным материалом и легко обрабатывается на станках. Следует также отметить достаточно высокую химическую стойкость древесины. Однако наличие в древесине разнообразных полостей и сосудов приводит к способности впитывать влагу, что приводит к изменению влажности древесины, к ее набуханию, растрескиванию, изменению формы деталей из древесины и снижению ее прочностных характеристик. Большую опасность для древесины представляют различные микроорганизмы: грибы, насекомые и водоросли. К недостаткам древесины относится также ее горючесть, а также изменчивость свойств, связанная с ее растительным происхождением.

В современных условиях разрабатываются все новые способы преодоления естественных недостатков древесины. Поэтому актуальной остается задача поиска новых эффективных и безопасных модифицирующих материалов, способных защитить древесину от неблагоприятных внешних воздействий и придать изделиям из древесины комплекс необходимых свойств, особенно из менее стойких лиственных пород – березы, осины, липы.

Для модифицирования древесины широко применяют как неорганические, так и органические вещества. Эффективным методом улучшения свойств древесного материала является ее модифицирование синтетическими полимерами [1,2]. Пропитка древесины синтетическими полимерами не только повышает ее физико-механические характеристики и ограничивает анизотропность свойств, но и позволяет повысить ее огне-, био- и химическую стойкость [3].

В предыдущих работах [4-6] для модификации древесины малоценных пород использовали растворы и расплавы высших карбоновых кислот. Исследована [4,5] технология модифицирования древесины лиственных пород расплавом стеариновой кислоты, которая позволяет уменьшить водопоглощение древесного материала, сократить продолжительность пропитки в расплаве и расширить ее температурный интервал. Образцы древесины с естественной влажностью помещали в расплав стеариновой кислоты с температурой 150...160 °С, где осуществляли их сушку. После завершения процесса влаговыделения образцы выдерживали в расплаве при той же температуре, а затем снижали ее до 70...75 °С. Извлеченные из расплава образцы охлаждали на воздухе или в воде. Для расширения сырьевой базы пропиточных материалов предложено использовать водный раствор малеиновой кислоты. Показано [6], что наиболее существенное влияние на гидрофобные свойства модифицированной древесины оказывают продолжительность пропитки в растворе малеиновой кислоты, температура и продолжительность термообработки.

Целью данной работы является изучение технологии модификации древесины малоценных пород олеиновой кислотой.

Олеиновая кислота $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ относится к высшим ненасыщенным карбоновым кислотам и по физическим свойствам представляет собой бесцветную вязкую жидкость с температурой плавления от 13,4 до 16,3 °С в зависимости от модификации, температурой кипения 286 °С и плотностью 0,895 г/см³.

Олеиновая кислота растворяется в органических растворителях, но нерастворима в воде. Олеиновая кислота является наиболее распространенной в природе ненасыщенной жирной кислотой и содержится во многих растительных и животных жирах в виде сложных эфиров – глицеридов. Она содержится в подсолнечном и оливковом масле, в говяжьем и свином жире. Олеиновую кислоту и ее производные применяют в качестве компонентов моющих средств, лаков, олиф, эмульгаторов, как пластификаторы целлюлозы в хроматографии. Высшие жирные карбоновые кислоты также применяются в строительстве. Например, остатки от разгонки жирных кислот на фракции, содержащие такие кислоты, используются в качестве гидрофобизирующих составов для обработки строительных материалов. Такая обработка позволяет придать строительным материалам улучшенные водоотталкивающие свойства.

На перспективность использования олеиновой кислоты для защитной обработки древесных материалов и ее хорошую совместимость со структурами древесины указывает также тот факт, что она наряду с другими жирными кислотами (стеариновой, пальметиновой, линолевой, линоленовой) входит в состав экстрактивных веществ древесины [7].

Для исследований использовали образцы древесины липы влажностью 8...11 % стандартных размеров 20×20×30 мм. Пропитку осуществляли следующим образом. Технологический процесс модифицирования древесины лиственных пород включает в себя ряд операций по подготовке образцов, пропитке древесины в мо-

дифицирующем составе и термозакаливания обработанной древесины. Подготовка древесины стандартных размеров предусматривает их механическую обработку с целью придания им гладкой поверхности и сушку до оптимальной влажности.

Для пропитки образцов древесины липы в данной работе использовали способ капиллярной пропитки, который заключается в погружении подготовленных заготовок древесины в ванну с олеиновой кислотой, уровень которой должен быть выше образцов на определенную величину. При погружении образцов древесины липы в олеиновую кислоту происходит ее капиллярное всасывание вглубь древесного материала по полостям клеток. После выдержки образцов в течение определенного времени и при заданной температуре, их извлекали из модифицирующего состава и охлаждали на воздухе до температуры окружающей среды, после чего пропитанную древесину подвергали термообработке при заданной температуре в течение определенного времени. Для изучения технологического процесса модифицирования древесины липы олеиновой кислотой использовали метод планирования эксперимента по схеме греко-латинского квадрата четвертого порядка [8]. В качестве факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на свойства получаемых модифицированных образцов древесины липы, были выбраны: температура пропиточного состава, продолжительность пропитки, температура и продолжительность термообработки. Для каждого фактора были взяты четыре уровня варьирования:

температура пропитки (фактор А) –

Деревопереработка

20, 50, 80, 110 °С;

продолжительность пропитки (фактор В) – 1, 2, 3, 4 ч;

температура термообработки (фактор С) – 110, 130, 150, 170 °С;

продолжительность термообработки (фактор D) – 1, 3, 5, 7 ч.

Свойства древесины липы, модифицированной олеиновой кислотой, контро-

лировали по изменению таких показателей как водопоглощение, разбухание в радиальном и тангенциальном направлениях через одни и тридцать суток их нахождения в воде. Матрица планирования эксперимента и результаты испытаний модифицированных образцов древесины липы по схеме греко-латинского квадрата 4-го порядка представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

План и результаты эксперимента по пропитке древесины липы олеиновой кислотой по схеме греко-латинского квадрата 4-го порядка

А, температура пропитки, °С	В, продолжительность пропитки, ч			
	b ₁ = 1 ч	b ₂ = 2 ч	b ₃ = 3 ч	b ₄ = 4 ч
a ₁ = 20 °С	c ₁ = 110 °С d ₁ = 1 ч y ₁ = 69,1 % y ₁ ' = 12,2 % y ₁ '' = 8,3 %	c ₂ = 130 °С d ₂ = 3 ч y ₂ = 44,5 % y ₂ ' = 10,3 % y ₂ '' = 7,3 %	c ₃ = 150 °С d ₃ = 5 ч y ₃ = 35,7 % y ₃ ' = 8,8 % y ₃ '' = 6,5 %	c ₄ = 170 °С d ₄ = 7 ч y ₄ = 20,8 % y ₄ ' = 7,1 % y ₄ '' = 5,8 %
a ₂ = 50 °С	c ₂ = 130 °С d ₃ = 5 ч y ₅ = 47,0 % y ₅ ' = 10,8 % y ₅ '' = 7,2 %	c ₁ = 110 °С d ₄ = 7 ч y ₆ = 46,2 % y ₆ ' = 9,5 % y ₆ '' = 6,1 %	c ₄ = 170 °С d ₁ = 1 ч y ₇ = 42,1 % y ₇ ' = 6,4 % y ₇ '' = 5,2 %	c ₃ = 150 °С d ₂ = 3 ч y ₈ = 35,5 % y ₈ ' = 9,5 % y ₈ '' = 4,8 %
a ₃ = 80 °С	c ₃ = 150 °С d ₄ = 7 ч y ₉ = 28,5 % y ₉ ' = 8,6 % y ₉ '' = 5,7 %	c ₄ = 170 °С d ₃ = 5 ч y ₁₀ = 17,7 % y ₁₀ ' = 6,2 % y ₁₀ '' = 4,9 %	c ₁ = 110 °С d ₂ = 3 ч y ₁₁ = 41,1 % y ₁₁ ' = 9,6 % y ₁₁ '' = 7,1 %	c ₂ = 130 °С d ₁ = 1 ч y ₁₂ = 31,0 % y ₁₂ ' = 9,5 % y ₁₂ '' = 5,1 %
a ₄ = 110 °С	c ₄ = 170 °С d ₂ = 3 ч y ₁₃ = 18,6 % y ₁₃ ' = 7,2 % y ₁₃ '' = 4,6 %	c ₃ = 150 °С d ₁ = 1 ч y ₁₄ = 24,7 % y ₁₄ ' = 7,0 % y ₁₄ '' = 4,4 %	c ₂ = 130 °С d ₄ = 7 ч y ₁₅ = 22,8 % y ₁₅ ' = 6,1 % y ₁₅ '' = 4,2 %	c ₁ = 110 °С d ₃ = 5 ч y ₁₆ = 26,6 % y ₁₆ ' = 6,8 % y ₁₆ '' = 4,1 %

Примечание: Продолжительность выдержки в воде – 1 сутки; y_i – водопоглощение, %; y_i' – разбухание в тангенци-

альном направлении, %; y_i'' – разбухание в радиальном направлении, %

План и результаты эксперимента по пропитке древесины липы олеиновой кислотой по схеме греко-латинского квадрата 4-го порядка

А, температура пропитки, °С	В, продолжительность пропитки, ч			
	b ₁ = 1 ч	b ₂ = 2 ч	b ₃ = 3 ч	b ₄ = 4 ч
a ₁ = 20 °С	c ₁ = 110 °С d ₁ = 1 ч y ₁ = 220,2 % y ₁ ' = 12,8 % y ₁ " = 8,9 %	c ₂ = 130 °С d ₂ = 3 ч y ₂ = 161,7 % y ₂ ' = 10,3 % y ₂ " = 8,2 %	c ₃ = 150 °С d ₃ = 5 ч y ₃ = 151,1 % y ₃ ' = 9,8 % y ₃ " = 7,7 %	c ₄ = 170 °С d ₄ = 7 ч y ₄ = 140,0 % y ₄ ' = 9,2 % y ₄ " = 7,2 %
a ₂ = 50 °С	c ₂ = 130 °С d ₃ = 5 ч y ₅ = 177,5 % y ₅ ' = 12,1 % y ₅ " = 7,8 %	c ₁ = 110 °С d ₄ = 7 ч y ₆ = 150,4 % y ₆ ' = 9,5 % y ₆ " = 6,2 %	c ₄ = 170 °С d ₁ = 1 ч y ₇ = 156,8 % y ₇ ' = 8,4 % y ₇ " = 6,8 %	c ₃ = 150 °С d ₂ = 3 ч y ₈ = 139,8 % y ₈ ' = 9,5 % y ₈ " = 6,3 %
a ₃ = 80 °С	c ₃ = 150 °С d ₄ = 7 ч y ₉ = 128,1 % y ₉ ' = 10,6 % y ₉ " = 6,7 %	c ₄ = 170 °С d ₃ = 5 ч y ₁₀ = 105,8 % y ₁₀ ' = 9,7 % y ₁₀ " = 6,5 %	c ₁ = 110 °С d ₂ = 3 ч y ₁₁ = 125,9 % y ₁₁ ' = 10,1 % y ₁₁ " = 6,4 %	c ₂ = 130 °С d ₁ = 1 ч y ₁₂ = 96,4 % y ₁₂ ' = 9,2 % y ₁₂ " = 6,1 %
a ₄ = 110 °С	c ₄ = 170 °С d ₂ = 3 ч y ₁₃ = 87,2 % y ₁₃ ' = 9,5 % y ₁₃ " = 6,0 %	c ₃ = 150 °С d ₁ = 1 ч y ₁₄ = 81,5 % y ₁₄ ' = 11,3 % y ₁₄ " = 5,9 %	c ₂ = 130 °С d ₄ = 7 ч y ₁₅ = 66,4 % y ₁₅ ' = 8,2 % y ₁₅ " = 5,8 %	c ₁ = 110 °С d ₃ = 5 ч y ₁₆ = 56,0 % y ₁₆ ' = 8,8 % y ₁₆ " = 5,6 %

Примечание: Продолжительность выдержки в воде – 30 суток; y_i – водопоглощение, %; y_i' – разбухание в тангенциальном направлении, %; y_i" – разбухание в радиальном направлении, %

На основании полученных экспериментальных данных установлено, что наиболее существенное влияние на гидрофобные свойства обработанной олеиновой кислотой древесины оказывают продолжительность и температура пропитки, а также температура термообработки.

После обработки экспериментальных данных с использованием компьютерных

программ получены уравнения регрессии, описывающие влияние основных технологических параметров процесса пропитки олеиновой кислотой на показатели водопоглощения, разбухания в радиальном и тангенциальном направлениях образцов модифицированной древесины липы, после 1 и 30 суток испытаний (нахождения образцов в воде):

Через одни сутки:

– водопоглощение, %

$$Y(A, B, C, D) = 2,999 \cdot 10^{-5} \cdot (46,54 - 0,206a) \cdot (37,65 - 2,12b) \cdot (78,00 - 0,322c) \cdot (39,40 - 1,745d);$$

– разбухание в тангенциальном направлении, %

Деревопереработка

$$Y(A, B, C, D) = 1,755 \cdot 10^{-3} \cdot (10,19 - 0,028a) \cdot (9,475 - 0,46b) \cdot (14,235 - 0,042c) \cdot (8,998 - 0,173d);$$

– разбухание в радиальном направлении, %

$$Y(A, B, C, D) = 5,757 \cdot 10^{-3} \cdot (7,36 + 0,026a) \cdot (6,62 - 0,41b) \cdot (8,24 - 0,019c) \cdot (5,75 - 0,043d).$$

Через 30 суток:

– водопоглощение, %

$$Y(A, B, C, D) = 6,44 \cdot 10^{-7} \cdot (196,8 - 1,081a) \cdot (154,0 - 13,12b) \cdot (125,6 - 0,038c) \cdot (130,7 - 2,56d);$$

– разбухание в тангенциальном на-

правлении, %

$$Y(A, B, C, D) = 1,041 \cdot 10^{-3} \cdot (10,54 - 0,0103a) \cdot (11,69 - 0,712b) \cdot (11,7 - 0,013c) \cdot (10,4 - 0,132d);$$

– разбухание в радиальном направлении, %

$$Y(A, B, C, D) = 3,329 \cdot 10^{-3} \cdot (8,22 - 0,023a) \cdot (7,46 - 0,301b) \cdot (7,02 - 0,0023c) \cdot (6,89 - 0,049d).$$

По полученным уравнениям зависимостей показателей древесины липы от факторов А, В, С, D определены наилучшие условия модифицирования, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Наилучшие условия модифицирования древесины липы олеиновой кислотой

Фактор	Значение
Продолжительность пропитки, ч	4
Температура пропиточного состава, °С	110
Продолжительность термообработки, ч	7
Температура термообработки, °С	170

Сравнение расчетных и экспериментальных значений, полученных по вышеприведенным уравнениям и в наилучших технологических условиях модифицирова-

ния древесины липы олеиновой кислотой представлено в таблице 4. Анализ полученных результатов указывает на их хорошую сходимость.

Таблица 4

Расчетные и экспериментальные значения показателей древесины липы, модифицированной олеиновой кислотой

Продолжительность испытания, сутки	Водопоглощение, %	Разбухание в тангенциальном направлении, %	Разбухание в радиальном направлении, %
1	13,2/15,1	8,00/7,3	5,26/4,6
30	63,7/65,3	9,88/9,9	5,14/5,0
Примечание: числитель – расчет; знаменатель – эксперимент			

Олеиновая кислота относится к полярным веществам, имеет сравнительно небольшую молекулярную массу и легко проникает в стенки клеток древесины. Как показал эксперимент, олеиновая кислота достаточно хорошо впитывается в древесину и эффективно защищает ее от гниения, плесени, грибков, воздействия влаги и других атмосферных факторов. Так, при оптимальных параметрах процесса пропитки водопоглощение модифицированной древесины снижается более чем в 4 раза по сравнению со значениями водостойкости, полученными для необработанной древесины липы.

Известно [3], что наиболее важным показателем модификатора, оказывающим влияние на качество пропитки древесины, является его вязкость. Олеиновая кислота в обычных условиях характеризуется низкой вязкостью, которая еще более понижается с увеличением температуры, что сказывается на ее проникающей способности, глубине и равномерности пропитки.

Пленка из олеиновой кислоты образует на поверхности древесины полупрозрачное и выделяющее текстуру древесины покрытие. Обработанная таким образом древесина лиственных пород приобретает яркость и выразительность.

Следует отметить, что в связи с постоянным ужесточением экологических требований, использование многих ранее применяемых защитных составов для древесины, содержащих токсичные компоненты в рецептурах, становится проблематичным. Предлагаемый модифицирующий материал не имеет запаха, экологически безопасен и не оказывает вредного влия-

ния на здоровье людей и животных.

Таким образом, предлагаемая технология модифицирования древесины лиственных пород олеиновой кислотой обладает экологической безопасностью, позволяет придать изделиям на ее основе высокие декоративные свойства, улучшить характеристики древесного материала и повысить устойчивость к атмосферным воздействиям, что даст возможность расширить области ее применения.

Библиографический список

1. Хрулев В.М. Обработка древесины полимерами. Улан-Уде: Бурят. кн.изд-во, 1984. 142 с.
2. Хрулев В.М. Химическая стойкость натуральной и модифицированной древесины // Лесной журнал. 1988. № 2. С.56-59.
3. Мельникова Л.В. Технология композиционных материалов из древесины. М.: МГУЛ, 1999. 226 с.
4. Дмитренко А.И., Бельчинская Л.И., Никулин С.С. Модифицирование древесины расплавом стеариновой кислоты // Лесной журнал. 1992. № 1. С.74-78.
5. Дмитренко А.И., Никулин С.С., Фролов Г.А. Пути улучшения свойств древесины при ее обработке в расплавах органических кислот // Научный вестник Воронежской государственной лесотехнической академии. Воронеж, 2009. Вып. 1. С.70-75.
6. Исследование свойств древесины, обработанной раствором малеиновой кислоты, с использованием методов оптимизации эксперимента / А.И. Дмитренко,

Н.С. Никулина, О.Н. Филимонова [и др] // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления: межвуз. сб. науч.тр. / под ред. В.С. Петровского. Воронеж, 2010. Вып. 15. С.95-98.

7. Кононов Г. Н. Химия древесины и

ее основных компонентов. М.: МГУЛ, 2002. 259 с.

8. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. М.: Высш. шк., 1985. 328 с.

УДК 674.023

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТРАБОТАВШЕГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры древесиноведения **А. О. Сафонов**
ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»

aosafonov@gmail.com

В сложившихся экономических условиях непрерывного роста тарифов на энергоносители, задача рационального их использования чрезвычайно актуальна. Большую роль в этом играет создание энергосберегающих пожаробезопасных режимов тепловой обработки различных материалов. Технология сушки древесных частиц также является энергозатратной. Она подразумевает снижение влажности стружки от 80...100 % до 2...4 %. Управление сушилками барабанного типа в промышленных условиях, определение режимов осуществляется в зависимости от начальной влажности материала. Уровни изменения этого параметра описываются вероятностными законами, зависят от сезона, состояния сырья, условий хранения стружки. Несомненно, начальная влажность любого высушиваемого материала определяет технико-экономическую, технологическую эффективность сушки. Колебание влажности частиц, поступающих в барабан, явля-

ется причиной изменения режимных параметров. Проведенные промышленные исследования сушки древесных частиц позволили создать математическое описание, определяющее оптимальные режимы для компенсации влияния начальной влажности стружки $W_{нс}$, влажности $W_{ц}$ и температуры $t_{ц}$ окружающего барабан воздуха, температуры атмосферного воздуха t_a на температуру отработавшего теплоносителя, характеризующую пожаробезопасность проведения процесса. Целью экспериментов в различные сезоны было создание математического описания для управления технологией, обеспечивающего пожаробезопасное проведение сушки при одновременном получении древесных частиц требуемой конечной влажности с максимальной производительностью барабанов и минимальными удельными расходами энергоносителей. В ходе активных экспериментов на промышленном оборудовании была определена адекватная зависимость (1).