

Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2022. С. 60–65.  
*Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century.* 2022. С. 60–65.

Научная статья  
УДК 691.11

## СНИЖЕНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПУТЕМ АЦЕТИЛИРОВАНИЯ

**Анатолий Алексеевич Прокопьев<sup>1</sup>, Регина Викторовна Салимгараева<sup>2</sup>,  
Руслан Рушанович Сафин<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Казанский национальный исследовательский технологический  
университет, Казань, Россия

<sup>1</sup> prokopez.anatolij@mail.ru

<sup>2</sup> reginka.danilova@mail.ru

<sup>3</sup> cfaby@mail.ru

**Аннотация.** Предложена обработка древесины ацетилизацией с целью понижения смачиваемости. Образцы были выдержаны в ледяной уксусной кислоте в течение 24, 48 и 72 часов. Проведены исследования по определению угла смачивания. Результаты показали, что ацетилизирование является эффективным и целесообразным способом обработки древесины по сравнению с контрольным образцом.

**Ключевые слова:** древесный шпон, уксусная кислота, ацетилизирование, угол смачивания

**Для цитирования:** Прокопьев А. А., Салимгараева Р. В., Сафин Р. Р. Снижение смачиваемости древесины путем ацетилирования // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2022. С. 60–65.

Original article

## REDUCING THE WETTABILITY OF WOOD BY ACETYLATION

**Anatoly A. Prokopiev<sup>1</sup>, Regina V. Salimgaraeva<sup>2</sup>,  
Ruslan R. Safin<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

<sup>1</sup> prokopez.anatolij@mail.ru

<sup>2</sup> reginka.danilova@mail.ru

<sup>3</sup> cfaby@mail.ru

**Abstract.** The treatment of wood by acetylation in order to reduce wettability is proposed. The samples were soaked in glacial acetic acid for 24, 48 and 72 hours. Studies have been carried out to determine the wetting angle.

The results showed that acetylation is an effective and expedient method of wood processing compared to the control sample.

**Keywords:** wood veneer, acetic acid, acetylation, wetting angle

**For citation:** Prokopiev A. A., Salimgaraeva R. V., Safin R. R. Reducing the wettability of wood by acetylation // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2022. P. 60–65.

В современном мире большое внимание уделяется не только эффективности используемых ресурсов в производстве материалов, но также их экологичности, возобновляемости и экономической целесообразности [1]. К таким материалам в первую очередь относится древесина – она возобновляема, имеет широкий спектр применения и легко поддается обработке. Существует много различных способов обработки древесного наполнителя: озонирование [2], термическая обработка [3], ацелирование и т. д. В данном случае был рассмотрен способ ацелирования древесного шпона ледяной уксусной кислотой с целью снижения смачиваемости.

J. Peydecastaing, C. Vaca-Garcia и другие ученые выявили, что смешанные сложные эфиры, несущие ацетильные и жирные ацильные группы, можно синтезировать реакцией в среде, полученной из уксусного ангидрида и жирной кислоты, без использования какого-либо растворителя или катализатора. Использование смешанной смеси ангидридов позволило получить химически модифицированные субстраты, которые показали как гидрофобность, так и водоотталкивающие свойства [4].

В исследованиях Jian-Zhang Li, Takeshi Furuno & Sadanobu Katoh были приготовлены композиты силикат-ацелированной древесины (САД) и силикат-пропионилированной древесины (СПД) и была оценена стабильность размеров и огнестойкость этих композитов. Силикатные гели незначительно влияли на скорость ацелирования или пропионирования древесины. В присутствии силикатных гелей композиты САД и СПД показали немного более низкую эффективность против набухания во время поглощения воды или влаги и более низкую влагоисключающую эффективность, чем соответствующая ацелированная древесина и пропионилированная древесина, но САД и СПД композиты по-прежнему сохраняли довольно хорошую стабильность размеров [5].

Ferry Bongers & Stephen Uphill выявили, что устойчивость древесины к морскому сверлению возрастает с увеличением уровня ацелирования. Тесты с сосной, даже после девятилетнего воздействия в Дании, не показывают никаких признаков разрушения [6].

Авторы [7] обнаружили, что древесностружечные плиты, изготовленные из ацелированных стружек южной сосны или осины, поглощали значительно меньше воды как при испытаниях на пропитывание водой, так и при воздействии влажного воздуха, и набухали с меньшей скоростью и в меньшей степени, чем контрольные образцы.

По результатам [8] пропорциональное увеличение содержания гемицеллюлозы (+11,10 %) было компенсировано уменьшением содержания целлюлозы (-8,55 %) и класон-лигнина (-2,86 %). Результаты подтвердили, что влагопоглощение уменьшилось, а плотность увеличилась из-за набухания клеточной стенки ацетильными группами, что привело к более стабильной древесине.

В работе [9] методами рентгеноструктурного анализа (РФА), термогравиметрического анализа (ТГА) и микроскопии были охарактеризованы необработанные опилки тополя, нерастворенный тополь и регенерированная древесина из раствора тополя в ионной жидкости. Прямое ацетилирование раствора тополя с использованием хлористого ацетила также проводили в отсутствие какого-либо органического растворителя. ИК-Фурье анализ полученного образца древесины выявил образование частично делигнифицированного ацетилированного тополя.

Древесный шпон готовили из сосны по ГОСТ 99-2016 и сушили в печи при  $100 \pm 2$  °С до постоянной массы, после чего образцы выдерживали соответственно 24,48 и 72 часа в ледяной уксусной кислоте, после чего пропитанные образцы высушивали в вакуумно-сушильном шкафу при 100 °С в течение 90 минут. Затем модифицированный древесный шпон промывали дистиллированной водой для удаления побочных продуктов и непрореагировавшего уксусной кислоты.

Для выявления угла смачивания древесного шпона были испытаны образцы из сосны размерами 30 × 30 мм.

Исследование образцов на угол смачивания осуществлялось посредством нанесения на поверхность воды с помощью пипетки.

Краевой угол смачивания (рис. 1) вычислялся по формуле:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}},$$

где  $\sigma_{23}$ ,  $\sigma_{13}$ ,  $\sigma_{12}$  соответственно поверхностные энергии на границе раздела фаз: твердое тело-газ, жидкость-твердое тело и жидкость-газ.



Рис. 1. Определение краевого угла смачивания

В результате ацетилирования в течение 24, 48 и 72 часов установлено увеличение значения краевого угла смачивания – на  $46^\circ$ ,  $58^\circ$  и  $69^\circ$  по сравнению с контрольным образцом ( $18^\circ$ ).

Ниже представлены результаты исследований влияния продолжительности ацетилирования древесного шпона на влагопоглощение композита (рис. 2).



Рис. 2. Краевые углы смачивания для контрольного образца (*а*) и образцов, подверженных ацетилированию в уксусной кислоте в течении 24 (*б*), 48 (*в*) и 72 (*г*) часов

**Выводы.** В результате литературного обзора можно сделать вывод, что ацетилирование является эффективным способом предварительной обработки древесины. Ввиду того, что данный метод увеличивает гидрофобность и краевой угол смачивания – его можно использовать в производстве клееных конструкций.

Проведенные исследования позволили увеличить значение краевого угла смачивания более чем в 3,5 раза ( $18^\circ$  – контрольный образец,  $69^\circ$  – образец, выдержанный в ледяной уксусной кислоте 72 часа).

### **Список источников**

1. Чернышев Л. А. Инновации лесопользования в новой экономике // Леса России и хозяйство в них. – 2015. – № 2 (53). – С. 77–80.
2. Влияние озонирования на смачиваемость древесины / А. Х. Сафиуллина, Ш. Р. Мухаметзянов, Р. Р. Сафин, Р. З. Хайруллин // Деревообрабатывающая промышленность. – 2020. – № 1. – С. 25–33.
3. Технология обработки термомодифицированной древесины / Р. В. Салимгараева, К. В. Бикмуллина, Р. Ф. Салимгараев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2. – № 5–4 (10–4). – С. 272–275.
4. Mixed acylation of Scots pine sawdust and impact on hydrophobicity / J. Peydecastaing, C. Vaca-Garcia, E. Borredon & S. El. Kasmi // Wood Material Science and Engineering, 4:3–4. – 2009. – P. 154–166.
5. Jian-Zhang Li, Takeshi Furuno & Sadanobu Katoh. Dimensional Stability and Flame Resistance of Silicate-Acetylated and – Propionylated Wood Composites // Journal of Wood Chemistry and Technology, 20:4. – 2000. – P. 441–453.

6. Ferry Bongers & Stephen Uphill. Performance of acetylated wood in aquatic applications // *International Wood Products Journal*, 10:3. – 2019. – P. 95–101.

7. Roger M. Rowell, Anne-Marie Tillman & Rune Simonson. A Simplified Procedure for the Acetylation of Hardwood and Softwood Flaxes for Flakeboard Production // *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 6:3. – 2007. – P. 427–448.

8. Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties / Fanni Fodor, Róbert Németh, Chiel Lankveld & Tamás Hofmann. // *Wood Material Science & Engineering*, 13:5. – 2017. – P. 271–278.

9. Study on Dissolution and Regeneration of Poplar Wood in Imidazolium-Based Ionic Liquids / Huyen Thanh Vo, Chang Soo Kim, Byoung Sung Ahn, Hoon Sik Kim & Hyunjoon Lee // *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 31:2. – 2011. – P. 89–102.

### *References*

1. Forest management innovations in the new economy / L. A. Chernyshev // *Journal of the Ural State Forestry University. Forests of Russia and economy in 2015*. – № 2 (53). – P. 77–80.

2. Effect of Ozonation on the Wettability of Wood / A. Kh. Safiullin, S. R. Mukhametzyanov, R. R. Safin, R. Z. Khairullin // *Journal Woodworking Industry 2020*. – № 1. – P. 25–33.

3. Technology of processing thermomodified wood / R. V. Salimgaraeva, K. V. Bikmullin, R. F. Salimgaraev // *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice 2014*. – T. 2. – № 5–4 (10–4). – P. 272–275.

4. Mixed acylation of Scots pine sawdust and impact on hydrophobicity / J. Peydecastaing, C. Vaca-Garcia, E. Borredon & S. El. Kasmi // *Wood Material Science and Engineering*, 4:3–4. – 2009. – P. 154–166.

5. Jian-Zhang Li, Takeshi Furuno & Sadanobu Katoh. Dimensional Stability and Flame Resistance of Silicate-Acetylated and – Propionylated Wood Composites // *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 20:4. – 2000. – P. 441–453.

6. Ferry Bongers & Stephen Uphill. Performance of acetylated wood in aquatic applications // *International Wood Products Journal*, 10:3. – 2019. – P. 95–101.

7. Roger M. Rowell, Anne-Marie Tillman & Rune Simonson. A Simplified Procedure for the Acetylation of Hardwood and Softwood Flaxes for Flakeboard Production // *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 6:3. – 2007. – P. 427–448.

8. Effect of acetylation on the chemical composition of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in relation with the physical and mechanical properties / Fanni Fodor, Róbert Németh, Chiel Lankveld & Tamás Hofmann. // *Wood Material Science & Engineering*, 13:5. – 2017. – P. 271–278.

9. Study on Dissolution and Regeneration of Poplar Wood in ImidazoliumBased Ionic Liquids / Huyen Thanh Vo, Chang Soo Kim, Byoung Sung Ahn, Hoon Sik Kim & Hyunjoo Lee // *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 31:2. – 2011. – P. 89–102.