

УДК 674(063)  
ББК 37.13  
Д36

**Организационный комитет:**

Председатель В. В. Фомин – проректор УГЛТУ по НИИД Заместители председателя:  
А. Г. Магасумова – начальник УНИД; М. В. Газеев – зав. кафедрой МОД. Члены оргкомитета:  
Н. П. Бунькова – заведующий РИО; Е. Ю. Лаврик – и. о. зав. кафедрой РИИЯ; В. Г. Новоселов – профессор кафедры МОД; К. В. Носоновских – аспирант, администратор сайта симпозиума. Члены оргкомитета – председатели секций: О. Н. Чернышев – «Новые технологические решения в заготовке, переработке и отделке древесины», «Деревообработка в малоэтажном и индустриальном домостроении», доцент кафедры МОД, канд. техн. наук; В. Г. Новоселов «Прогрессивное деревообрабатывающее оборудование и инструмент», «Проблемы профессионального образования и инжиниринга в деревообработке», профессор кафедры МОД, канд. техн. наук; А. В. Артемов – «Древесные композиционные материалы», доцент кафедры ТЦБПиПП, канд. техн. наук; А. В. Чевардин – «Эффективность и конкурентоспособность предприятий лесного комплекса», доцент кафедры СГД, канд. ист. наук; С. Н. Сычугов «Проблемы безопасности и экологии в переработке древесины», доцент кафедры ФХТЗБ, канд. техн. наук.

**Редакционная коллегия:**

В. Г. Новоселов – ответственный секретарь; М. В. Газеев, О. Н. Чернышев; А. В. Артемов; А. В. Чевардин; С. Н. Сычугов; Е. Ю. Лаврик, Н. П. Бунькова.

**Рецензент:**

П. С. Власов – генеральный директор ООО «Уралгипролеспром».

Д36 Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века : труды XVIII Международного евразийского симпозиума / под науч. ред. В. Г. Новоселова ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. – 4,57 Mb. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Текст: электронный.

ISBN 978-5-94984-880-7

В книгу трудов включены доклады XVIII Международного Евразийского симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века», проходившего с 20 по 22 сентября 2023 г. в Екатеринбурге. Авторы трудов представляют научно-образовательные организации России и ближнего зарубежья (Беларуси).

В трудах рассмотрены актуальные вопросы технологии заготовки и переработки древесины, отделки изделий; деревянного домостроения; совершенствования деревообрабатывающего оборудования и инструмента; производства древесных композиционных материалов; подготовки кадров; экологии и безопасности в деревообработке.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

Мин. системные требования: IBM Intel Celeron 1,3 ГГц ; Microsoft Windows XP SP3 ;  
Видеосистема Intel HD Graphics ; дисковод, мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-94984-880-7



Ответственный за выпуск сборника  
В. Г. Новоселов  
Дизайн обложки М. В. Газеева

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
лесотехнический университет», 2023

Электронный архив УГЛТУ

XVIII

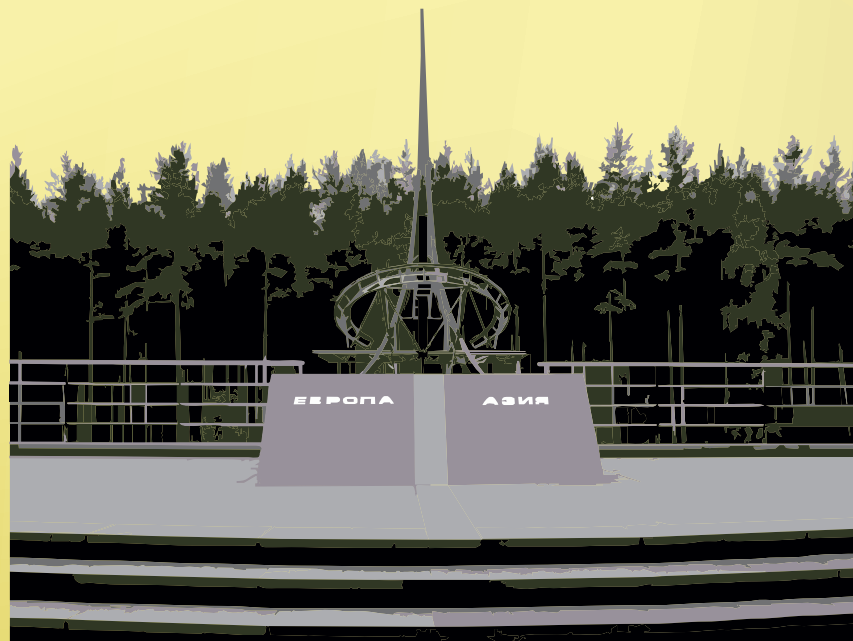
XVIII INTERNATIONAL  
EURASIAN  
SYMPOSIUM  
20–22 September 2023



XVIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ЕВРАЗИЙСКИЙ  
СИМПОЗИУМ  
20–22 сентября 2023



## ДЕРЕВООБРАБОТКА: технологии, оборудование, менеджмент XXI века



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ  
20–22 сентября 2023

# Электронный архив УГЛТУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАУКИ  
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЛЕСНЫХ  
ОРГАНИЗАЦИЙ (IUFRO)  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ЛЕСНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ICFFI)  
АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК РОССИИ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ  
И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ «СТАНКОИНСТРУМЕНТ»  
АССОЦИАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ  
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО МАШИНОСТРОЕНИЯ «ДРЕВМАШ»  
АССОЦИАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ СЕКЦИИ НАУК О ЛЕСЕ  
УРАЛЬСКИЙ СОЮЗ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННИКОВ  
АССОЦИАЦИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ УРАЛА  
АССОЦИАЦИЯ УРАЛЬСКИХ МЕБЕЛЬЩИКОВ

## **ДЕРЕВООБРАБОТКА:**

**ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ,  
МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА**

**ТРУДЫ  
XVIII МЕЖДУНАРОДНОГО ЕВРАЗИЙСКОГО  
СИМПОЗИУМА  
20–22 сентября 2023 г.**

*Электронное издание*

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАУКИ  
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЛЕСНЫХ  
ОРГАНИЗАЦИЙ (IUFRO)  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ЛЕСНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ICFFI)  
АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК РОССИИ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ  
И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ «СТАНКОИНСТРУМЕНТ»  
АССОЦИАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ  
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО МАШИНОСТРОЕНИЯ «ДРЕВМАШ»  
АССОЦИАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ СЕКЦИИ НАУК О ЛЕСЕ  
УРАЛЬСКИЙ СОЮЗ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННИКОВ  
АССОЦИАЦИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ УРАЛА  
АССОЦИАЦИЯ УРАЛЬСКИХ МЕБЕЛЬЩИКОВ**

## **ДЕРЕВООБРАБОТКА:**

**ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ,  
МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА**

**ТРУДЫ  
XVIII МЕЖДУНАРОДНОГО ЕВРАЗИЙСКОГО  
СИМПОЗИУМА  
20–22 сентября 2023 г.**

*Электронное издание*

Екатеринбург  
2023

УДК 674(063)  
ББК 37.13  
Д36

## Организационный комитет:

Председатель В. В. Фомин – проректор УГЛТУ по НРИИД Заместители председателя: А. Г. Магасумова – начальник УНИД; М. В. Газеев – зав. кафедрой МОД. Члены оргкомитета: Н. П. Бунькова – заведующий РИО; Е. Ю. Лаврик – и. о. зав. кафедрой РИИЯ; В. Г. Новоселов – профессор кафедры МОД; К. В. Носоновских – аспирант, администратор сайта симпозиума. Члены оргкомитета – председатели секций: О. Н. Чернышев – «Новые технологические решения в заготовке, переработке и отделке древесины», «Деревообработка в малоэтажном и индустриальном домостроении», доцент кафедры МОД, канд. техн. наук; В. Г. Новоселов – «Прогрессивное деревообрабатывающее оборудование и инструмент», «Проблемы профессионального образования и инжиниринга в деревообработке», профессор кафедры МОД, канд. техн. наук; А. В. Артемов – «Древесные композиционные материалы», доцент кафедры ТЦБПиПП, канд. техн. наук; А. В. Чевардин – «Эффективность и конкурентоспособность предприятий лесного комплекса», доцент кафедры СГД, канд. ист. наук; С. Н. Сычугов – «Проблемы безопасности и экологии в переработке древесины», доцент кафедры ФХТЗБ, канд. техн. наук.

## Редакционная коллегия:

В. Г. Новоселов – ответственный секретарь; М. В. Газеев, О. Н. Чернышев; А. В. Артемов; А. В. Чевардин; С. Н. Сычугов; Е. Ю. Лаврик, Н. П. Бунькова.

## Рецензент:

П. С. Власов – генеральный директор ООО «Уралгипролеспром».

Д36 **Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века** : труды XVIII Международного евразийского симпозиума / под науч. ред. В. Г. Новоселова ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. – 4,57 Мб. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Текст: электронный.

ISBN 978-5-94984-880-7

В книгу трудов включены доклады XVIII Международного Евразийского симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века», проходившего с 20 по 22 сентября 2023 г. в Екатеринбурге. Авторы трудов представляют научно-образовательные организации России и ближнего зарубежья (Беларуси).

В трудах рассмотрены актуальные вопросы технологии заготовки и переработки древесины, отделки изделий; деревянного домостроения; совершенствования деревообрабатывающего оборудования и инструмента; производства древесных композиционных материалов; подготовки кадров; экологии и безопасности в деревообработке.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 674(063)  
ББК 37.13

Мин. системные требования: IBM Intel Celeron 1,3 ГГц ; Microsoft Windows XP SP3 ; Видеокарта Intel HD Graphics ; дисковод, мышь. – Загл. с экрана.

Ответственный за выпуск сборника В. Г. Новоселов  
Дизайн обложки М. В. Газеева

ISBN 978-5-94984-880-7

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
лесотехнический университет», 2023

*Посвящается 300-летию Екатеринбурга*

## **УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!**

Международный евразийский симпозиум «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века» организуется и проводится Уральским государственным лесотехническим университетом и является ключевым научно-информационным мероприятием годичного цикла исследований и разработок в области лесозаготовок и переработки древесины.

Проводимый в восемнадцатый раз симпозиум посвящен 300-летию города Екатеринбурга, где базировались такие отраслевые центры деревообработки, как Всесоюзное производственное объединение «Свердлеспром», Управление «Свердхимлес», Объединение «Средуралмебель», Свердловский (Уральский) НИИ лесной промышленности, Свердловский (Уральский) НИИ переработки древесины, Свердловский (Екатеринбургский) «Завод лесных машин» и другие, вносящие свой вклад в научно-технический прогресс и развитие промышленности.

Во время работы симпозиума ученые и специалисты из различных образовательных, научных и производственных организаций рассматривают вопросы совершенствования техники и технологии лесопромышленного комплекса от получения круглых лесоматериалов до готовых изделий с учетом национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации. Совершенствование технологий на всех этапах передела продукции лесопромышленного комплекса обеспечит рост производительности труда на предприятиях и будет способствовать развитию российской экономики.

Международный евразийский симпозиум заслуженно считается одним из значимых профессиональных мероприятий, проходящих в преддверии праздника «Дня работника леса». Уверен, что работа симпозиума пройдет на самом высоком уровне и будет способствовать дальнейшему расширению и укреплению профессиональных связей, развитию потенциала лесопромышленного комплекса нашей страны.

От имени Уральского государственного лесотехнического университета приветствую всех участников XVIII Международного евразийского симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века». Желаю всем участникам и гостям, обменяться идеями и предложениями, обсудить проблемы и найти формы взаимовыгодного делового сотрудничества, успешной работы и удачи!

*С уважением,  
ректор УГЛТУ*



*Е. П. Платонов*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

*Азаренок В. А., Ефимов Ю. В., Радченко Н. А.*

Основные этапы перехода на низкоуглеродное развитие лесопромышленного производства..... 6

*Мехренцев А. В., Уразова А. Ф.*

Лесной комплекс Свердловской области – современные тенденции развития..... 15

*Мехренцев А. В., Беляева В. Н., Стариков Е. Н.*

Лесохимический кластер Урала: организационно-технологические аспекты формирования..... 19

*Пищулов В. М.*

Использование криптовалют и цифрового рубля – направление повышения эффективности компаний лесного комплекса..... 25

### НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ЗАГОТОВКЕ, ПЕРЕРАБОТКЕ И ОТДЕЛКЕ ДРЕВЕСИНЫ

*Башкирова К. А., Газеев М. В., Свиридов А. В., Юлайханова А. А.*

Исследование лакокрасочной композиции на основе эпоксидных смол с добавлением пигментов на основе слюды..... 30

*Газеев М. В., Катяев И. И.*

Исследование стойкости напольных защитно-декоративных покрытий древесины к истиранию ..... 37

*Носоновских К. В., Лыхина Е. Ю., Газеев М. В., Свиридов А. В.*

Интенсификация склеивания массивной древесины клеевым составом на основе эпоксидной смолы при помощи инфракрасного нагрева ..... 43

*Прокопьев А. А., Салимгараева Р. В.*

Математическое описание химизма процесса ацетилирования древесины..... 50

*Руссу А. В., Шамаев В. А., Медведев И. Н.*

Внутренние напряжения натуральной древесины лиственницы ..... 58

*Совина С. В., Кожевников В. А.*

Исследования по формированию защитно-декоративных покрытий на кромках древесных материалов..... 62

*Тарбеева Н. А., Рублева О. А.*

Комплексная методика разработки технологии переработки древесных отходов..... 67

*Чернышев О. Н., Чернышев Д. О., Синегубова Е. С.*

Преимущества использования 3D-технологий в деревообработке ..... 73

*Чернышев О. Н., Синегубова Е. С., Иржигитова С. М., Артюшина А. А.*

Наполнители и их влияние на свойства клеевых систем..... 80

*Чуваков А. В., Яцун И. В.*

О целесообразности сортировки бревен при поточном пилении на двухвальных круглопильных станках проходного типа ..... 85

*Шустов А. В.*

Развитие классификации продукции в деревообработке и лесном комплексе.....93

*Якимович С. Б.*

Экспериментальная оценка оптимизации давления гидропривода протаскивания харвестера по критерию производительности.....96

## ДЕРЕВООБРАБОТКА В МАЛОЭТАЖНОМ И ИНДУСТРИАЛЬНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

*Ефимов Ю. В., Мандрыгин К. В., Егоров Я. Д.*

Глиночурка – один из вариантов использования древесного сырья в домостроении 102

*Новоселов В. Г., Лошкарева М. П.*

Моделирование работы строительного 3D принтера ..... 109

*Яцун И. В., Ефимов В. Н.*

Оценка физических и теплоизоляционных свойств СИП-панелей на основе ОСП-плиты и пенополистирола..... 114

## ПРОГРЕССИВНОЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ

*Андреев М. А., Чаевский В. В.*

Модификация строгального фрезерного инструмента с помощью HF-ZRN-покрытий..... 120

*Ведерников Я. Д., Рублева О. А.*

Создание имитационной модели древесины для численного моделирования процесса местного торцового прессования в САЕ-системе..... 126

*Пестов И. Е., Щепочкин С. В.*

Методика экспериментального исследования рабочих характеристик аспирационных установок деревообрабатывающих производств..... 132

## ДРЕВЕСНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Мамадгулова Ш. Р., Воронцов Е. Е., Шкуро А. Е., Глухих В. В.*

Исследование температуры плавления гидрофобизаторов для полимерных композиционных материалов ..... 140

*Усова К. А., Воронцов Е. Е., Шкуро А. Е., Глухих В. В.*

Исследование возможности применения синтетической камфоры в качестве пластификатора для ацетата целлюлозы..... 146

*Якимова А. Б., Власов Н. Г., Еришова А. Н., Артемов А. В., Буриндин В. Г.*

Влияние влажности пресс-сырья на биоразлагаемость пластика без связующего на основе древесины бука ..... 150

*Тычинкин И. В., Шишов О. Ф., Глухих В. В.*

Оценка влияния деаэратора на теплопроводность лигнинсодержащей фенольной пены ..... 156

## ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИНЖИНИРИНГА В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

*Вербицкая Н. О., Иванов В. В., Баданин С. С., Казанцев Д. Д.*

Оценка влияния тренировочных упражнений тренажера – симулятора лесозаготовительных машин на процесс формирования профессиональных компетенций оператора харвестера ..... 162

*Вербицкая Н. О., Иванов В. В., Баданин С. С., Казанцев Д. Д.*

Оценка влияния на производительность труда рабочей позы оператора харвестера.... 168

*Королев П. В.*

Мнение студентов и преподавателей об использовании искусственного интеллекта (ИИ) в образовании: к чему нам готовиться ..... 173

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ  
ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА**

**EFFICIENCY AND COMPETITIVENESS  
OF THE ENTERPRISES OF THE FOREST COMPLEX**

Научная статья  
УДК 628.543

**ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПЕРЕХОДА НА НИЗКОУГЛЕРОДНОЕ  
РАЗВИТИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Василий Андреевич Азаренок<sup>1</sup>, Юрий Валерьевич Ефимов<sup>2</sup>, Никита Александрович Радченко<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> v.azarenok@yandex.ru

<sup>2</sup> efimovyuv@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> nikita.radchencko2012@yandex.ru

***Аннотация.*** В свете вызова климатических изменений и глобального потепления все больше стран начинают переходить на низкоуглеродное развитие, в том числе и лесопромышленное производство. На лесоперерабатывающих предприятиях могут решаться вопросы организации экологически чистого производства. Это достигается путем переработки отходов, что позволяет получать топливные брикеты, пеллеты и дополнительную теплоэнергию для нужд производства, и в то же время решаются проблемы экологии.

***Ключевые слова:*** отходы деревообработки, зеленая энергетика, чистое производство, экология

***Благодарности:*** работа выполнена в рамках исполнения госбюджетной темы FEUG-2020-0013.

***Для цитирования:*** Азаренок В. А., Ефимов Ю. В., Радченко Н. А. Основные этапы перехода на низкоуглеродное развитие лесопромышленного производства // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 6–14.



Scientific article

## THE MAIN STAGES OF THE TRANSITION TO LOW-CARBON DEVELOPMENT OF THE TIMBER INDUSTRY

Vasily A. Azarenok<sup>1</sup>, Yuriy V. Efimov<sup>2</sup>, Nikita A. Radchenko<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Ural State Forest University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> v.azarenok@yandex.ru

<sup>2</sup> efimovyuv@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> nikita.radchencko2012@yandex.ru

**Abstract.** In light of the challenge of climate change and global warming, an increasing number of countries are transitioning to low-carbon development, including the timber industry. Environmental issues can be addressed in the forest-processing industry by organizing environmentally-friendly production methods. This is achieved through waste processing, which allows to obtain fuel briquettes, pellets, and additional thermal energy for production needs, and at the same time to solve environmental problems.

**Keywords:** woodworking waste, green energy, clean production, ecology

**Acknowledgments:** the work was done within the framework of the FEUG state budget theme.

**For citation:** Azarenok V. A., Efimov Yu. V., Radchenko N. A. The main stages of the transition to low-carbon development of timber industry // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 6–14.

Обширные лесные ресурсы России, большая часть которых расположена в менее освоенных регионах Сибири, обладают огромным потенциалом для развития «зеленой» энергетики (табл. 1). Таким образом, решив проблему комплексного использования древесного сырья, страна может обеспечить себе статус мирового лидера в производстве биотоплива различного назначения.

При организации лесозаготовительных работ, распиловке и переработке древесины образуется большое количество древесных отходов. Использование местных возобновляемых топливных ресурсов в качестве источника экологических и пожароопасных отходов, т. е. топлива, позволяет развивать альтернативные направления (малая децентрализованная энергетика) на основе организации чистого производства.

Анализируя эти данные, следует отметить, что структура отходов лесозаготовки и деревообработки сегодня существенно изменилась. Отходы от заготовки древесины составляют в среднем 22 % от заготовленного объема, при первичной обработке добавляется 16 % дров и около 43 %

отходов лесопиления и деревообработки. Сюда также не включена древесина, получаемая при заготовке леса для промышленных предприятий, энергетических и транспортных линий. Таким образом, если предположить, что ежегодный объем использования лесов в России составляет около 140 млн м<sup>3</sup>, то объем малоценной древесины, дров и отходов лесозаготовок составляет около 53,2 млн м<sup>3</sup>. Добавив к этому 22,4 млн м<sup>3</sup> отходов лесопиления (без учета древесно-бумажного производства), можно получить 41,6 млн т, или 12,5 млн т топлива.

Таблица 1

Данные по заготовке леса в России в 1987 г., млн м<sup>3</sup>

Экономический район	Объем лесозаготовок	Ресурсы отходов лесозаготовок	Ресурсы отходов лесопереработки	Потребность в древесине на топливные нужды	Количество древесины на топливные нужды
Российская Федерация в целом	334,97	30,26	53,44	57,14	71,86
Северный	78,54	6,35	8,29	9,00	14,64
Северо-Западный	13,20	1,21	1,70	1,60	1,60
Центральный	26,11	2,12	3,52	5,50	5,50
Волго-Вятский	22,33	1,82	2,76	4,30	4,39
Центрально-Черноземный	1,08	0,03	0,28	0,35	0,31
Поволжский	5,12	0,61	2,04	3,11	3,14
Северо-Кавказский	2,14	0,15	0,87	0,60	1,10
Уральский	51,49	5,76	5,92	7,50	11,68
Западно-Сибирский	34,02	2,73	3,66	5,00	6,39
Восточно-Сибирский	65,68	6,35	11,46	10,00	17,81
Дальневосточный	35,01	3,03	3,23	5,30	5,30

На каждые 100 м<sup>3</sup> заготовленной товарной древесины приходится около 60–70 м<sup>3</sup> отходов лесозаготовки и деревообработки. Таким образом, около 60–70 млн м<sup>3</sup>, или около 30 млн т органического вещества и 15 млн т чистого углерода, остаются неиспользованными в стране [1].

Более того, отходы от переработки древесины более выгодны с экономической и технической точки зрения. Как правило, эти отходы находятся на территории лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий, и сегодня большинство из них сжигается.

Наиболее перспективными методами и технологиями на данный момент являются те, которые позволяют подключиться к потребительской стороне углеродного цикла, минимизировать количество углерода, выбрасываемого из леса в атмосферу, и генерировать «зеленую» энергию. В то же время будущие технологии должны обеспечивать стабильное

поддержание лесных экосистем. Это решает сразу две проблемы: экологическую и энергетическую (производство альтернативной и «зеленой» энергии).

Эти проблемы могут быть решены путем внедрения более чистого производства. Более чистое производство – это постоянная модель, которая постепенно улучшает окружающую среду путем разработки и внедрения экономически эффективных и экологически безопасных мер (проектов) по повышению энергетической и ресурсной эффективности производства.

В свете серьезной проблемы изменения климата и глобального потепления многие страны переходят к лоукост-развитию, включая лесопромышленность. Экологические проблемы в лесоперерабатывающей промышленности могут быть решены путем организации производства с использованием экологически чистых методов. Это достигается за счет обработки отходов, что позволяет производить топливные брикеты, пеллеты и дополнительную тепловую энергию для производственных нужд, а также решает экологические проблемы.

Рассмотрев динамику развития различных отраслей промышленности, использования природных ресурсов, производства и потребления загрязняющих веществ и отходов, признали, что дальнейшее развитие промышленности и общества не может основываться на традиционных крупномасштабных технологических процессах, не учитывающих экологических ограничений, и требует нового подхода. Этот подход – «бережливые технологии» и впоследствии «чистое производство» – основан на полном использовании природных ресурсов и максимальном увеличении кругооборота материальных потоков, вдохновленных самой природой.

Понятие более чистого производства имеет большое практическое значение, поскольку в большинстве стран существуют экологические программы поддержки более чистого производства и экологическое законодательство. Экономические стимулы, такие как освобождение от налогов, льготное кредитование экологически чистой продукции и внедрение технологий, которые не вредят окружающей среде, становятся все более важными. Налогообложение экологически вредной или связанной с ней продукции также является важным фактором.

Среди наиболее важных принципов, которые делают крайне желательным решение этого вопроса в конкретной компании, – принцип прибыльности, кратко сформулированный как «предотвращение загрязнения выгодно». Это означает, что для любого предприятия выгоднее предотвратить или уменьшить загрязнение окружающей среды, чем нести затраты на улавливание загрязнения, его нейтрализацию, утилизацию отходов или оплату негативного воздействия. Преобразование производства и разработка новых технологий должны быть направлены на то, чтобы предприятия могли работать

с наименьшими потерями ресурсов и наименьшим воздействием на окружающую среду. Выгоды, которые предприятия могут получить от экологически чистого производства, можно суммировать следующим образом.

В сфере охраны окружающей среды:

- сокращение ресурсоемкости производства;
- сокращение землеемкости производства за счет уменьшения необходимости складирования отходов;
- сокращение выбросов, сбросов загрязняющих веществ, уменьшение количества отходов.

В сфере охраны труда:

- улучшение условий труда на рабочем месте, повышение безопасности рабочего места;
- уменьшение риска для здоровья персонала;
- повышение уровня привлекательности работы для молодежи.

В сфере экономики:

- сокращение затрат на сырье, энергию, топливо, воду;
- сокращение затрат на очистку сточных вод, пыле- и газообразных выбросов, утилизацию отходов;
- сокращение транспортных расходов;
- уменьшение экологических платежей и штрафов;
- улучшение качественных характеристик продукции;
- снижение себестоимости продукции;
- рост прибыли.

В отношениях с населением:

- улучшение имиджа предприятия, создание благоприятного общественного мнения;
- сокращение жалоб населения на деятельность предприятия в административные органы.

Таким образом, более чистое производство означает меры по борьбе с загрязнением, осуществляемые с помощью экономически эффективных мероприятий, ведущих к улучшению состояния окружающей среды.

Организация более чистого производства требует участия администрации, создания комитета для выработки правил и норм, а также создания рабочих групп для анализа конкретных вопросов, выявления, формулирования и решения проблем для реализации проектов более чистого производства на предприятиях.

Для реализации стратегии более чистого производства на предприятиях необходимо определить цели и задачи проекта, установить критерии оценки текущей производственной ситуации, выбрать метод оценки и наметить этапы оценки производства (рис. 1).

Это позволит выявить основные экологические проблемы на существующих предприятиях и сгенерировать набор идей для решения выявленных проблем.

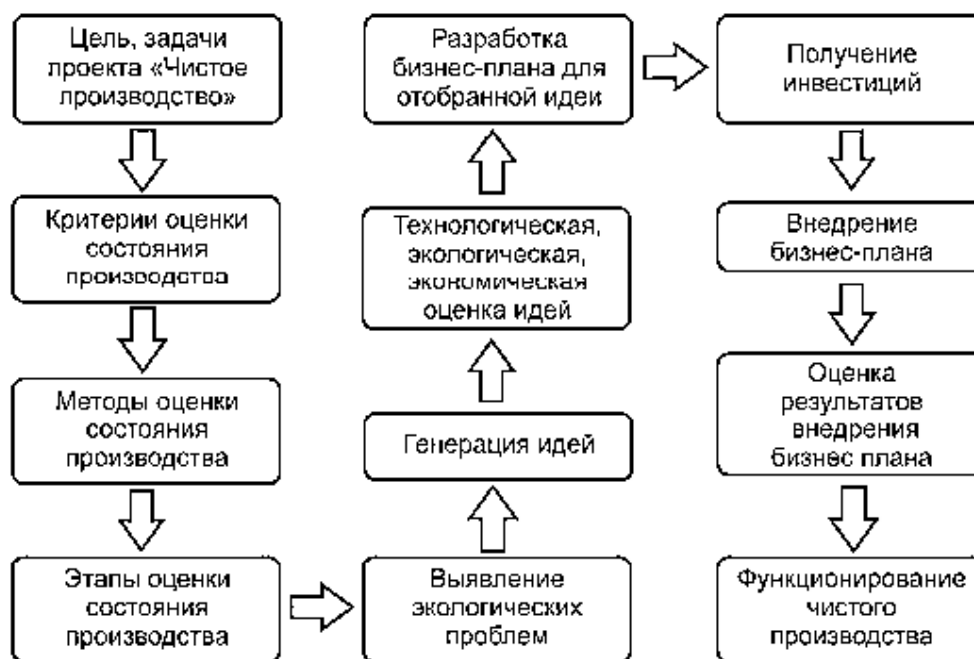


Рис. 1. Общие этапы реализации стратегии чистого производства на предприятии

Следующий шаг – оценка предложенных идей с технической, экологической и экономической точки зрения и выбор наиболее выгодного варианта для реализации. Разработанный бизнес-план позволит компании получить инвестиции для внедрения более чистого производства на предприятии. На рис. 2 представлены методы, которые могут быть использованы для выявления и формулирования экологических проблем на предприятиях: инвентаризация производства, экологический аудит проектов разрешенных сбросов загрязняющих веществ (ПДВ), нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ (НДВ), нормативов образования и размещения отходов (ПНООЛР), анализ качественных характеристик загрязнения атмосферного воздуха, сточных вод и почвенных ресурсов.

По оценкам специалистов, запасы углерода в лесах мира в восемь раз превышают текущие потребности в энергии, поэтому превращение расходной части углеродного цикла в «зеленую» энергию гарантирует не только экологическую, но и энергетическую безопасность не только России, но и всей нашей цивилизации [1].

Организация экологически чистого производства должна обеспечивать следующие условия:

– сокращение и локализацию отходов производства при выполнении основных операций. Это позволяет минимизировать образование отходов на всех этапах производства;

– применение экономически оправданных методов сокращения отходов в процессе производства.

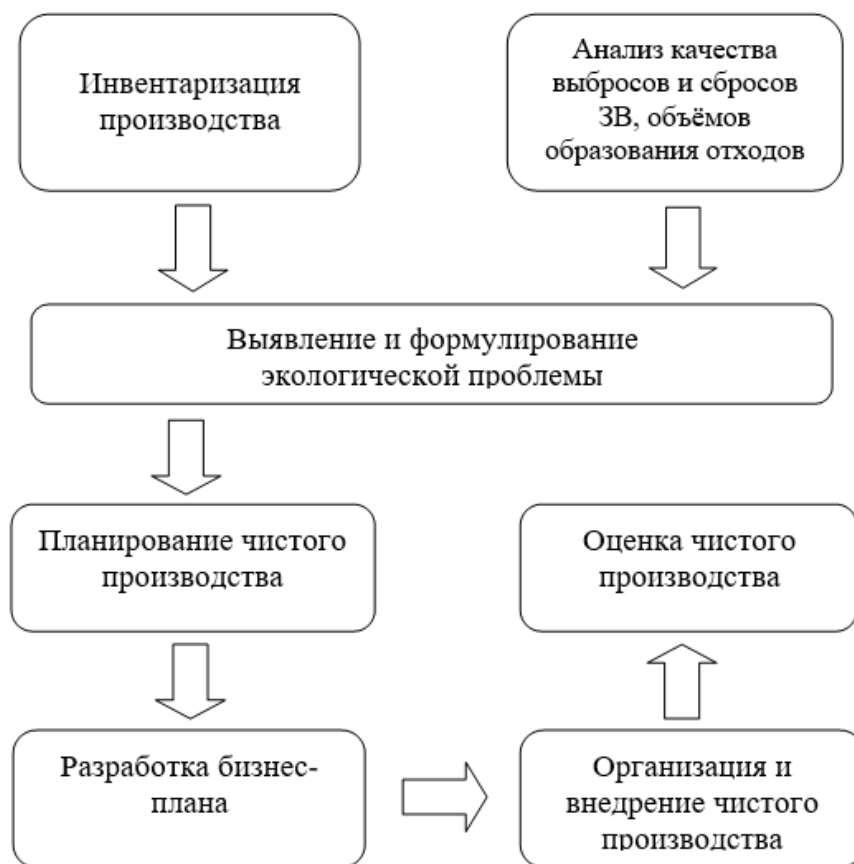


Рис. 2. Этапы работ по реализации стратегии экологически чистого производства с детализацией выявления экологических проблем

При этом необходимо проводить экологическую, экономическую и социальную оценку решений, что позволит определить экономические выгоды с учетом экологических решений. Также можно определить наиболее проблемные вопросы и сосредоточить предлагаемые технические и технологические решения именно там. Возможно при этом реализовать принцип прибыльности «предотвращение загрязнения – выгодно» [2].

В рамках «чистого производства» применяются стратегии, направленные на предотвращение загрязнения и улучшение состояния окружающей среды.

Технические процессы, применяемые в рамках «чистого производства», направлены:

- на сокращение образования отходов на всех стадиях производственного процесса;
- организацию комплексного использования всех компонентов сырья;
- получение дополнительных продуктов, востребованных на рынке.

Это позволяет разработать и внедрить экономически эффективные и экологически безопасные меры по организации более чистого производства, что приводит к улучшению экологической обстановки. При этом

проблема энерго- и ресурсосбережения решается на всех уровнях промышленного производства.

Более чистое производство с современным подходом к сырью, энерго-ресурсам, технологическим процессам и оборудованию позволяет выявить экологические проблемы предприятия и оценить степень его воздействия на окружающую среду. В то же время можно разработать методы расчета экономических показателей при реализации технико-экономических проектов и при переходе на более чистое производство [3].

В условиях рыночных отношений деревообрабатывающие предприятия в последнее время обращаются к вопросу рационального использования древесных отходов, пересматривают свои взгляды и пытаются найти эффективные направления переработки отходов.

Для этого следует учесть технические процессы деревообрабатывающих предприятий и провести необходимые технико-экономические исследования возможности использования древесных отходов в качестве дополнительного сырья для производства древесного топлива и строительных материалов.

Преимущества древесного топлива должны быть следующими:

- возможность сжигания в печах и котлах, работающих на твердом топливе;
- минимальные затраты на хранение и транспортировку;
- высокая теплотворная способность.

Поэтому топливо, полученное из древесных отходов деревообрабатывающих предприятий, может быть альтернативным топливом газу и углю. Эти преимущества особенно важны для сельских и лесных районов.

## Список источников

1. Методология и практика чистого производства : учебное пособие / О. А. Конык, В. В. Жиделева, В. С. Пунгина [и др.] ; отв. ред. В. В. Жиделева; Сыктывкар. лесн. ин-т. Сыктывкар : СЛИ, 2015. 196 с.
2. Сортиментная заготовка древесины : учебное пособие / С. В. Залесов, А. В. Мехренцев, В. А. Азаренок , Э. Ф. Герц. М. : ИНФРА-М, 2021. 144 с.
3. Азаренок В. А., Герц Э. Ф., Безгина Ю. Н. Добровольная лесная сертификация – элемент устойчивого лесопользования : учебное пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. 98 с.

## References

1. Methodology and practice of clean production: textbook / O. A. Konyk, V. V. Zhideleva, V. S. Pungin [and others]; resp. ed. V. V. Zhideleva; Sykt. forestry in-t. Syktyvkar: SLI, 2015. 196 p.

2. Cut-to-length wood harvesting: textbook / S. V. Zalesov, A. V. Mekhrentsev, V. A. Azarenok, E. F. Hertz. Moscow : INFRA-M, 2021. 144 p.

3. Azarenok V. A., Gerts E. F., Bezgina Yu. N. Voluntary forest certification as an element of sustainable forest management: a textbook. Yekaterinburg: USFEU, 2019. 98 p.



Научная статья  
УДК 630.68

## ЛЕСНОЙ КОМПЛЕКС СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ – СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

Андрей Вениаминович Мехренцев<sup>1</sup>, Алина Флоритовна Уразова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург,  
Россия

<sup>1</sup> mehrentsevav@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> urazovaaf@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Статья посвящена рассмотрению состояния вопроса развития лесного комплекса на территории Свердловской области. Анализ показывает, что Свердловская область – не только крупный промышленный регион России, но и специализированный лесопромышленный центр, обладающий значительным потенциалом: развитой инфраструктурой, значительным опытом функционирования в рамках интегрированных структур, значительными трудовыми ресурсами, локальной межфирменной торговлей, опытом трансфера технологий и инноваций в рамках приоритетных проектов освоения лесов.

**Ключевые слова:** лесные технологии, лесной комплекс, лесопромышленное предприятие, лесопродукция

**Для цитирования:** Мехренцев А. В., Уразова А. Ф. Лесной комплекс Свердловской области – современные тенденции развития // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 15–18.

Scientific article

## FOREST COMPLEX OF THE SVERDLOVSK REGION – CURRENT DEVELOPMENT TRENDS

Andrey V. Mekhrentsev<sup>1</sup>, Alina F. Urazova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> mehrentsevav@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> urazovaaf@m.usfeu.ru

**Abstract.** The article deals with the state of the issue of forest complex development on the territory of the Sverdlovsk region. The analysis shows that the Sverdlovsk region is not only a large industrial region of Russia, but also a specialized timber industry center with considerable potential: developed infrastructure,

significant experience in functioning within integrated structures, significant labor resources, local intercompany trade, experience in technology and innovation transfer within priority forest development projects.

**Keywords:** forest technology, forest complex, timber enterprise, timber products

**For citation:** Mekhrentsev A. V., Urazova A. F. Forest complex of the Sverdlovsk region – modern development trends // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 15–18.

Базовой отраслью лесной промышленности является лесозаготовка, география размещения предприятий которой определяется сырьевым, транспортным и потребительским факторами. В Уральском федеральном округе расположено 10 % общих запасов древесины. Важнейшим показателем экономической, экологической и социальной роли лесов является распределение их по группам хозяйственного значения и функциональным особенностям.

Наличие лесных ресурсов, развитой транспортной инфраструктуры, относительная близость рынков Средней Азии предопределили образование значительного числа крупных лесопромышленных производств, а также предприятий среднего и малого бизнеса [1].

В области около 60 предприятий – членов Уральского Союза лесопромышленников занимаются лесозаготовительной и лесоперерабатывающей деятельностью. Предприятия Свердловской области выполняют работы по обработке древесины, производя пиломатериалы, продукцию деревообработки для деревянного домостроения, фанеру, шпон, тарную продукцию, целлюлозу и картон, писчую бумагу, древесный уголь, опоры ЛЭП, шпалы, топливные брикеты, пеллеты и пр.

Основной объем лесозаготовок осуществляется арендаторами лесных участков, среди которых выделяются наиболее крупные: ПАО «Свеза Верхняя Синячиха»; группа компаний «Лесной Урал», ООО «Лестех», ООО «Эколес». Завершается строительство крупнейшего на Урале лесоперерабатывающего комбината в рамках реализации приоритетного проекта в области освоения лесов «Синергия» в г. Верхней Туре. По производству продукции деревообработки и домостроения ведущими предприятиями являются ООО «Меридиан», ООО «ЛесСтройМонтаж», ООО «Режевской леспромхоз».

На территории Свердловской области ряд предприятий реализует инвестиционные проекты, которые вошли в число приоритетных проектов в области освоения лесов, направленных на решение ключевых задач развития отраслевого комплекса: внедрение интенсивных технологий, обеспечивающих комплексную переработку древесного сырья, рациональное и неистощительное использование лесов, повышение качества готового продукта.

Например, по инициативе группы компаний «Лесной Урал Сбыт» (около 20 лет работает на территории Северного управленческого округа Свердловской области и занимает второе место в регионе по объему лесозаготовок) проводится модернизация АО «Лесной Урал Лобва»: создано 200 новых рабочих мест (2018–2022 гг.), введены новые технологии для производства биотоплива. Группа компаний стремится к безотходному производству, выращивает собственный посадочный лесоматериал. Общая стоимость проекта 255,5 млн руб. [2].

Для лесоперерабатывающих предприятий приоритетные инвестиционные проекты дают возможность модернизироваться и развиваться, обновляя оборудование, и переориентироваться с лесозаготовок на переработку, поскольку предприятия стали обеспечиваться лесными ресурсами при помощи аренды лесных участков без торгов по минимальным ставкам.

Важнейшим фактором, определяющим успех деятельности лесопромышленных предприятий в современных условиях, является развитие внутрисекторного рынка лесопродукции. Причем государство, как собственник лесных земель, должно управлять этим процессом, предусматривая действие определенных стимулирующих мероприятий. В числе таких мероприятий могут быть предложены:

- ежегодное планирование на уровне государства и регионов государственного и муниципального заказа на лесопродукцию, используемую для реализации проектов в ОПК, сфере социального и жилищного строительства, энергообеспечения муниципальных нужд;

- разработка мер по государственному стимулированию (субсидирование, льготное кредитование) деятельности предприятий по заготовке и переработке низкосортной древесины, древесных отходов, макулатуры;

- расширение участия лесопромышленных предприятий (ЦБП, лесохимии, деревообработки) в удовлетворении потребностей предприятий оборонно-промышленного комплекса;

- создание и планирование деятельности региональных и межрегиональных высокотехнологичных лесохимических промышленных кластеров на основе кооперации лесопромышленных предприятий СМП, якорных лесохимических и металлургических предприятий;

- развитие практики подписания межрегиональных соглашений о сотрудничестве с целью развития кооперации в лесопромышленном производстве;

- содействие участию предприятий и населения в специализированных лесопромышленных ярмарках и выставках;

- поддержка биоэнергетических концессионных проектов по созданию муниципальных биоэнергетических предприятий для энергообеспечения социальных объектов и жилья на основе термической переработки древесных отходов и низкосортной древесины [3].

Несмотря на определенные сложности, связанные с дефицитом сырья, логистикой, строительством дорог, борьбой с пожарами и т. д., лесной комплекс области имеет значительный потенциал обеспечения надлежащего качества жизни граждан за счет производства и поставки лесопромышленной продукции. Таким образом, при существовании других рентабельных для региона отраслей, например горнодобывающей и металлургической, ЛПК по-прежнему остается важнейшим структурным элементом экономики Свердловской области.

## Список источников

1. Уразова А. Ф., Мехренцев А. В. Анализ факторов, влияющих на развитие лесных технологий на территории Свердловской области // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века : труды XVII Международного евразийского симпозиума. Екатеринбург, 2022. С. 20–25.
2. Серовское предприятие «Лесной Урал» запустило в Лобве завод по производству столярных изделий. URL: <https://www.sve.pf/news/munnews/7765> (дата обращения: 30.05.2023).
3. Биоэнергетическая база сельских территорий в контексте стратегии развития лесного комплекса (на примере Свердловской области) / А. В. Мехренцев, А. А. Добрачев, А. Ф. Уразова, Г. В. Кашников // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 1 (84). С. 81–87.

## References

1. Urazova A. F., Mekhrentsev A. V. Analysis of the factors influencing the development of forest technologies in the Sverdlovsk region // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century: Proceedings of the XVII International Eurasian Symposium. Yekaterinburg, 2022. P. 20–25.
2. The Serov enterprise "Forest Ural" launched a plant for the production of joinery in Lobva. URL: <https://www.sve.rf/news/munnews/7765> (accessed 05.30.2023).
3. Bioenergy base of rural areas in the context of the strategy for the development of the forest complex (on the example of the Sverdlovsk region) / A. V. Mekhrentsev, A. A. Dobrachev, A. F. Urazova, G. V. Kashnikov // Forests of Russia and economy in them. 2023. No. 1 (84). P. 81–87.

Научная статья

УДК 630.68; 338.242; 332.14; 334.012.23

## ЛЕСОХИМИЧЕСКИЙ КЛАСТЕР УРАЛА: ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ

Андрей Вениаминович Мехренцев<sup>1</sup>, Валерия Николаевна Беляева<sup>2</sup>, Евгений Николаевич Стариков<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> mehrentsev@yandex.ru

<sup>2</sup> lera44720@gmail.com

<sup>3</sup> starik1705@yandex.ru

**Аннотация.** В статье с опорой на стратегические приоритеты научно-технологического развития лесного сектора экономики России обосновывается выбор технологических основ и организационных механизмов для реализации проекта формирования лесохимического кластера Урала в границах территорий Свердловской и Челябинской областей. Сформулированы ключевые задачи данного проекта и приоритеты развития такого кластера. Выделены возможные направления синергетического эффекта, возникающие в результате реализации проекта.

**Ключевые слова:** лесохимические технологии, биопродукты, кластер, импортозамещение

**Для цитирования:** Мехренцев А. В., Беляева В. Н., Стариков Е. Н. Лесохимический кластер Урала: организационно-технологические аспекты формирования // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 19–24.

Scientific article

## URALS WOOD CHEMICAL CLUSTER: ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF FORMATIONS

Andrey V. Mekhrentsev<sup>1</sup>, Valeria N. Belyaeva<sup>2</sup>, Evgenii N. Starikov<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> mehrentsev@yandex.ru

<sup>2</sup> lera44720@gmail.com

<sup>3</sup> starik1705@yandex.ru

**Abstract.** Based on the strategic priorities of the scientific and technological development of the forest sector of the Russian economy, the article substantiates the choice of technological foundations and organizational mechanisms for the implementation of the project for the formation of the Urals wood chemical cluster within the boundaries of the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions. The key tasks of this project and the priorities for the development of such a cluster are formulated. The possible directions of the synergetic effect resulting from the implementation of the project are identified.

**Keywords:** wood chemical technologies, bioproducts, cluster, import substitution

**For citation:** Mekhrentsev A. V., Belyaeva V. N., Starikov E. N., Wood chemical cluster of the Urals: organizational and technological aspects of formation // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 19–24.

На современном этапе развития стратегическими приоритетами научно-технологического развития лесного сектора экономики России выступают внедрение модели интенсивного лесопользования, переход к низкоуглеродным технологиям, включая создание и развитие производств современных биопродуктов, и формирование эффективных транспортно-логистических схем и маршрутов по всей территории страны [1].

Для успешного решения задачи формирования низкоуглеродных отраслей экономики важным обстоятельством является увеличение производства и потребления древесного биотоплива и расширение использования современных высокотехнологичных биопродуктов на основе комплексной переработки древесного сырья.

Технологической основой производств для организации такой комплексной переработки, по мнению авторов, могут стать лесохимические технологии производства биопродуктов, которые в качестве сырья используют биомассу из низкокачественной древесины, в том числе лесосечных отходов, что, кроме прочего, существенно влияет на снижение лесопожарных угроз за счет сокращения объемов горючей биомассы на лесосеках после завершения лесосечных работ. Применение при заготовке технологического сырья для лесохимического производства адаптивных технологий лесозаготовок, обеспечивающих минимизацию лесосечных отходов на лесосеке, сохранение компонентов природной среды, содействующих омоложению древесной растительности, оставляемой на доращивание, снижает возникновение природных пожаров и обеспечивает внедрение модели интенсивного лесопользования [2].

Организационным базисом развития лесохимических производств может, по нашему мнению, выступить кластерный подход, признаваемый многими учеными и практиками в качестве высокоэффективного механизма промышленной политики и подробно исследованный в [3–7]. Опираясь на полученные в данных работах выводы и результаты, а также оценки социально-экономической эффективности индустриальных кластеров в лесном секторе экономики, машиностроении, химическом производстве, пищевой промышленности, мы считаем, что применение кластерного подхода при организации технологических процессов и новых производств позволит существенно активизировать процесс создания высокотехнологичных лесохимических предприятий, продукция которых обладала бы признаками импортозамещающей и была бы востребованной приоритетными отраслями на внутрироссийском рынке. Тем более что в современных условиях особая роль в обеспечении финансовой поддержки высокотехнологичных проектов импортозамещения отводится государственным институтам [8].

Ключевыми задачами проекта создания лесохимического кластера Урала, формируемого в границах территорий Свердловской и Челябинской областей, в рамках мероприятий по достижению целей стратегии развития лесного комплекса РФ на долгосрочную перспективу, по нашему мнению, могут стать следующие:

- снижение в лесах региона лесопожарных угроз за счет эффективного удаления и переработки горючей древесной массы;
- улучшение качественного состояния лесов за счет снижения площади лесов, не пройденных рубками ухода;
- обеспечение возможности наращивания производства деловых круглых лесоматериалов за счет создания пула эффективных предприятий – утилизаторов неликвидной древесины;
- рост освоения расчетной лесосеки;
- организация производства высокотехнологичной продукции, обладающей признаками импортозамещающей для российского рынка;
- создание рабочих мест на предприятиях среднего и малого предпринимательства;
- развитие удаленных муниципальных образований на лесных территориях.

Производственно-технологическими и социально-экономическими приоритетами развития лесохимического кластера Урала, определяющими его конкурентные преимущества, должны выступить:

- ядро перерабатывающих предприятий, ориентированных преимущественно на лесохимическую переработку лиственной низкосортной древесины и лесосечных отходов;

- новые биоэнергетические и лесохимические производства, обеспечивающие переработку больших объемов низкосортного сырья для получения возможности увеличения заготовки деловой древесины;
- малые подрядные лесозаготовительные производства, ориентированные на сырьевое обеспечение местных лесопереработчиков и производство технологической щепы из отходов лесозаготовок;
- производства по выпуску продукции, востребованной региональными предприятиями металлургии и сельского хозяйства;
- научно-производственная, исследовательская и инжиниринговая база, формируемая на основе государственных вузов, расположенных в г. Екатеринбурге, – Уральского государственного лесотехнического университета и Уральского государственного экономического университета;
- межрегиональное сотрудничество и территориальная производственно-технологическая кооперация;
- многоуровневое кадровое обеспечение предприятий – участников кластера за счет университетского научно-образовательного лесотехнического комплекса.

Синергетический эффект проекта создания лесохимического кластера Урала может проявиться в реализации ряда технологических новаций в смежных отраслях народного хозяйства. В частности, через формирование в агропромышленном комплексе регионов присутствия предприятий – участников лесохимического кластера предпосылок для реализации технологии биочар в земледелии, а также развитие практики применения биоактивных кормовых добавок местного производства в животноводстве, что особенно важно для развития агропроизводства в условиях Нечерноземья. Другим направлением проявления синергетического эффекта данного проекта может стать металлургическое производство. Использование древесно-угольных окатышей в качестве восстановителя и внедрение технологий плавки с использованием древесно-угольного дутья или применением древесно-угольных брикетов позволят на новом технологическом уровне наращивать производство ковкого чугуна и качественных сталей, свободных от фосфорных и сернистых соединений [9].

С учетом вышеизложенного можно прогнозировать высокую социально-экономическую и экологическую эффективность реализации проекта создания лесохимического кластера Урала, проявляющуюся через влияние на инновационное развитие смежных отраслей промышленности и сельского хозяйства и снижение лесопожарных угроз за счет активной переработки биомассы лесосечных отходов.

## Список источников

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации



до 2030 года» от 20.09.2018 № 1989-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/cA4eYSe0MObgNpm5hSavTdIxID77KCTL.pdf> (дата обращения: 25.05.2023).

2. Леса России и изменение климата. Что нам может сказать наука / под ред. П. Лескинен, М. Линднер, П. Й. Веркерк и др. // Европейский институт леса. 2020. Вып. 11. 140 с. URL: <https://alestech.ru/library/book-31> (дата обращения: 25.05.2023).

3. Инновационные кластеры по рациональному использованию сырья на уровне региона / Г. П. Бутко, А. В. Мехренцев, В. М. Шарапова, Н. В. Шарапова // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. №6 (390). С. 609.

4. Кумышева М. М., Абанокова Н. Б., Нагоев А. Б. Кластерная политика как механизм реализации эффективного управления промышленными предприятиями // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–8. С. 1703–1707.

5. Механизм формирования и реализации кластерной политики промышленных предприятий и отраслей / Ю. А. Саликов, А. А. Зенин, А. С. Барзенкова, А. М. Букреев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. №4 (58). С. 252–257.

6. Стариков Е. Н., Прядилина Н. К., Долженко Л. М. О кластерном механизме промышленной политики в региональных отраслевых комплексах (на примере формирования территориального лесопромышленного кластера Ханты-Мансийского автономного округа – Югры) // Лесотехнический журнал. Серия: Менеджмент. Экономика. Организация. 2017. Т. 7. №1 (25). С. 240–251.

7. Татаркин А. И., Романова О. А. Промышленная политика и механизм ее реализации: системный подход // Экономика региона. 2007. №3. С. 19–31.

8. Еникеева О. А. Методы оценки инвестиционной привлекательности предприятия // Аллея науки. 2017. Т. 2. № 9. С. 295–304.

9. Древесноугольная металлургия // Metalspace. URL: <https://metalspace.ru/production-science/economy/991-drevesnougolnaya-metallurgiya.html> (дата обращения: 25.05.2023).

## References

1. Decree of the Government of the Russian Federation “On approval of the “Strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation until 2030” dated September 20, 2018 No. 1989-r. URL: <http://static.government.ru/media/files/cA4eYSe0MObgNpm5hSavTdIxID77KCTL.pdf> (accessed 25.05.2023).

2. Forests of Russia and climate change. What science can tell us / ed. Leskinen P., Lindner M., Verkerk P. J. and others // European Forest Institute. Issue. 11. 2020. 140 p. URL: <https://alestech.ru/library/book-31> (accessed 25.05.2023).

3. Innovative clusters for the rational use of raw materials at the regional level / Butko G. P., Mekhrentsev A. V., Sharapova V. M., Sharapova N. V. // *International Agricultural Journal*. 2022. No. 6 (390). P. 609. (in Russ.)
4. Kumysheva M.M., Abanokova N.B., Nagoev A.B. Cluster policy as a mechanism for implementing effective management of industrial enterprises // *Fundamental research*. 2014. No. 12–8. P. 1703–1707. (in Russ.)
5. Salikov Yu. A., Zenin A. A., Barzenkova A. S., Bukreev A. M. The mechanism of formation and implementation of the cluster policy of industrial enterprises and industries. // *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2013. No. 4 (58). P. 252–257. (in Russ.)
6. Starikov E. N., Pryadilina N. K., Dolzhenko L. M. On the cluster mechanism of industrial policy in regional sectoral complexes (on the example of the formation of a territorial timber cluster of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Yugra) // *Lesotechnical journal. Series: Management. Economics. Organization*. 2017. Volume 7, No. 1 (25). P. 240–251. (in Russ.)
7. Tatarkin A. I., Romanova O. A. Industrial policy and the mechanism of its implementation: a systematic approach // *Economics of the region*. 2007. No. 3. P. 19–31. (in Russ.)
8. Enikeeva O.A. Methods for assessing the investment attractiveness of an enterprise // *Alley of Science*. 2017. V. 2. No. 9. P. 295–304.
9. Charcoal metallurgy // *Metalspace*. URL: <https://metalspace.ru/production-science/economy/991-drevesnougolnaya-metallurgiya.html> (accessed 25.05.2023).

Научная статья  
УДК 674:336.74

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИПТОВАЛЮТ И ЦИФРОВОГО РУБЛЯ – НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПАНИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

**Виктор Михайлович Пищулов**

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург,  
Россия  
dr.haust@mail.ru

*Аннотация.* Так называемые цифровые валюты, или криптовалюты, предполагают определенную степень сходства с привычными представлениями о национальных валютах или вообще о деньгах. В определенной мере такое технологическое цифровое явление может быть использовано в хозяйственной практике компаний лесного комплекса для обслуживания рыночных сделок, выступая в качестве специфической формы денег.

*Ключевые слова:* криптовалюты, цифровой рубль, выполнение функций денег, платежная система, безналичные деньги

*Для цитирования:* Пищулов В. М. Использование криптовалют и цифрового рубля – направление повышения эффективности компаний лесного комплекса // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 25–29.

Scientific article

## THE USE OF CRYPTOCURRENCIES AND DIGITAL RUBLE – DIRECTION FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF FOREST COMPLEX COMPANIES

**Viktor M. Pishchulov**

Ural State Forest Engineering University,  
Yekaterinburg, Russia  
dr.haust@mail.ru

*Abstract.* The so-called digital currencies or cryptocurrencies suggest a certain degree of similarity with the usual ideas about national currencies or about money in general. To a certain extent, such a technological digital phenomenon can be used in the economic practice of forest complex companies to service market transactions, acting as a specific form of money.

**Keywords:** cryptocurrencies, digital ruble, performing the functions of money, payment system, non-cash money

**For citation:** Pishchulov V. M. The use of cryptocurrencies and the digital ruble is a direction for increasing the efficiency of forest complex companies // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 25–29.

Распространение практики использования цифровых валют позволяет надеяться, что эта специфическая форма денег даст возможность решать проблемы повышения эффективности деятельности компаний лесопромышленного комплекса. Во всяком случае предполагаемое введение центральным банком цифрового рубля [1] делает необходимым решение вопросов правильного использования этого нового инструмента проведения рыночных операций в отрасли. Следует признать, что в настоящее время существуют возможности применения уже достаточно широко обращающихся видов криптовалют. Применение цифровых валют в хозяйственной практике имеет свои положительные стороны и определенные недостатки. Следует рассмотреть преимущества и недостатки введения в деятельность компаний и предприятий лесного комплекса различных типов цифровых валют.

## **Преимущества введения цифровых валют, в том числе цифрового рубля, в практику деятельности предприятий лесного комплекса**

К таким преимуществам следует отнести расширение доступности безналичных платежей, которые во многом могут заменить в сфере обращения наличные деньги.

Использование цифровых валют предполагает уменьшение стоимости, ускорение и упрощение проведения транзакций.

Расширение возможностей выбора финансовых инструментов со стороны потребителей такого рода услуг необходимо ведет к повышению конкуренции на финансовых рынках.

Использование цифрового рубля предполагает возможность совершения расчетов в онлайн- и офлайн-режимах независимо от операционного дня Банка России и кредитных организаций/финансовых посредников.

К преимуществам использования цифровых рублей также следует отнести возможность упрощения проведения государственных платежей. Имеет место вероятность интеграции цифровой платформы ЦВЦБ с другими цифровыми платформами.

В отличие от большинства ныне действующих криптовалют, которые, как правило, подвержены значительным изменением спроса на рынках финансовых инструментов, что ведет к значительной волатильности, а следовательно, скачкам курсов этих валют по отношению к стабильным национальным валютам, цифровой рубль отличается довольно высокой стабильностью, поскольку непосредственно привязан к стоимости наличного

или безналичного рубля. Таким образом Центральный банк гарантирует сохранность средств в цифровых рублях.

Одним из отличительных свойств цифровых валют является сложность введения внешнего контроля за перемещением такого рода средств, в том числе через государственные границы. Это обстоятельство позволяет преодолевать различного рода валютные ограничения, вводимые для движения наличных и безналичных национальных денежных средств. Цифровые рубли предполагается легко переводить в любые иные цифровые валюты.

Предприятия и компании лесопромышленного комплекса могут воспользоваться преимуществами использования цифровых валют для совершения торговых операций, сохранения и преумножения средств на финансовых рынках.

## **Недостатки и риски использования цифровых валют предприятиями и компаниями лесопромышленного комплекса**

Одна из основных проблем, возникших с распространением использования криптовалют, в частности первой и самой известной из такого рода виртуальных валют, а именно биткойна, в качестве средства обращения товаров, состоит в том, что, несмотря на прозрачность движения самих единиц этих валют, движение товаров, обслуживаемых перемещением единиц цифровой валюты, остается скрытым. В силу этого обстоятельства обращение криптовалют используется для совершения сделок, которые трудно осуществимы или недопустимы в национальных безналичных валютах. Обычно сделки, обслуживаемые криптовалютами, являются высоко рискованными. При этом риски, сопровождающие сами сделки, обычно превышают валютные риски нестабильности курсов виртуальных валют.

В силу нестабильности курсов криптовалют возникают риски утраты средств, размещаемых в такого рода активы. Поскольку практически все части или секторы финансовой системы взаимосвязаны и взаимозависимы, то нестабильность одной из таких частей воздействует на другие части данной системы. Это обстоятельство обуславливает возможность нарушения стабильности функционирования всей финансовой системы страны. Примером может служить банкротство криптобиржи FTX в ноябре 2022 г., которое привело к негативным последствиям для всей системы криптовалютных бирж.

## **Проблема установления собственности на нематериальные предметы**

По сравнению с бумажными носителями, подтверждающими права собственности на материальные или нематериальные предметы собственности, электронные носители информации подвержены ряду специфических рисков. Поскольку успешное осуществление доступа к цифровым предметам собственности имеет своим результатом приобретение значительных разме-

ров выигрышей, имеет место непрекращающееся соревнование между разработчиками, совершенствующими способы защиты цифровых ценностей, и лицами, пытающимися противоправно присвоить такие ценности.

## **Технические способы проникновения в цифровые системы**

Набор способов проникновения в системы цифровых валют довольно обширен. Поскольку сами по себе цифровые ценности размещаются в программно- компьютерных системах, то и методы проникновения в такие системы естественным образом представляют собой специфические программы.

Широко распространены методы кражи криптовалют, основанные на следующих принципах. Это программы-вымогатели, широкий спектр всевозможных программных вирусов, фальшивые ссылки, эмитирующие оригинальные сайты. Кроме того, часто встречается так называемый фишинг, нацеленный на проникновение к источникам личной информации.

Весьма распространенным способом проникновения в системы цифровых валют являются хакерские атаки. Этот метод оказался успешным для преодоления систем безопасности криптобирж в 2021 г.: таким образом было похищено 3,3 млрд долл., в 2022 г. – 3,8 млрд долл. Наибольшие потери были отмечены в октябре 2022 г., когда в результате 32 хакерских атак были похищены 775,7 млн долл. [1]. Столь значительные потери могут повлиять на стабильность и устойчивость всей финансовой системы в целом.

## **Неустойчивость рынков криптовалют**

Общая неустойчивость систем торговли криптовалютами находит свое проявление в многочисленных банкротствах криптобирж. Наиболее известным было банкротство криптобиржи FTX, которое произошло в ноябре 2022 г. [2]. Проблема чрезвычайно высокой волатильности обменных курсов криптовалют включает в себе высокую степень риска нестабильности всего рынка цифровых активов, которая влечет за собой неустойчивость финансовой сферы в целом. В высшей степени быстрый подъем стоимости биткоина, который вырос примерно в 66 млн раз за весьма непродолжительный срок с 2009 по 2021 гг. (от 0,001 до 66 086,1 долл. на 08.11.2021 г.), сменился столь же стремительным падением (16 279,7 долл. на 13.11.2022 г., т. е. более чем в четыре раза за последующий за максимумом год) [3]. Вполне естественным образом столь значительные скачки стоимости криптовалюты неизбежно ведут к весьма существенным потерям инвесторов в данные практически непредсказуемые в своем движении активы. Вместе с тем определенная часть инвесторов может рассчитывать на столь же значительные доходы при совершении

разумным образом организованных операций. Именно последнее обстоятельство в наибольшей степени привлекает субъектов, склонных к высокорискованным финансовым сделкам.

В целом следует иметь в виду, что чрезвычайно высокая волатильность криптовалют накладывает свой негативный отпечаток на поведение инвесторов в такого рода активы. Приток значительных объемов средств, вкладываемых в виртуальные активы, периодически сменяется столь же быстрым и значительным по объему изъятием такого рода инвестиций.

Взвешивая преимущества и недостатки использования цифровых валют компаниями и предприятиями лесопромышленного комплекса, можно прийти к общему заключению, состоящему в том, что при взвешенном и продуманном употреблении цифровых валют в хозяйственной деятельности данной весьма специфичной отрасли могут быть получены положительные экономические результаты.

## Список источников

1. Цифровой рубль : доклад для общественных консультаций // Банк России. Москва, 2020. URL: [https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/112957/ Consultation\\_Paper\\_201013.pdf](https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/112957/ Consultation_Paper_201013.pdf) (дата обращения: 25.05.2023).

2. Кузмичева А., Теткин М. Криптовбиржа FTX подала на банкротство // РБК. 11 ноября 2022. URL: <https://www.rbc.ru/crypto/news/636e5ccf9a794717441a9186> (дата обращения: 25.05.2023).

3. График курса Bitcoin за всю историю // Mainfin. URL: <https://mainfin.ru/crypto/chart-bitcoin> (дата обращения: 25.05.2023).

## References

1. Digital ruble. Report for public consultation. Bank of Russia. Moscow 2020. URL: [https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/112957/ Consultation\\_Paper\\_201013.pdf](https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/112957/ Consultation_Paper_201013.pdf) (accessed 25.05.2023).

2. Kuzmicheva A., Tetkin M. Crypto exchange FTX filed for bankruptcy // RBK. 11 November, 2022. URL: <https://www.rbc.ru/crypto/news/636e5ccf9a794717441a9186> (accessed 25.05.2023).

3. Chart of the Bitcoin price throughout history // Mainfin. URL: <https://mainfin.ru/crypto/chart-bitcoin> (accessed 25.05.2023).

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ЗАГОТОВКЕ,  
ПЕРЕРАБОТКЕ И ОТДЕЛКЕ ДРЕВЕСИНЫ**

**NEW TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN WOOD HARVESTING,  
PROCESSING AND FINISHING**

Научная статья  
УДК 674.07

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ  
НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ С ДОБАВЛЕНИЕМ  
ПИГМЕНТОВ НА ОСНОВЕ СЛЮДЫ**

**Карина Антоновна Башкирова<sup>1</sup>, Максим Владимирович Газеев<sup>2</sup>,  
Алексей Владиславович Свиридов<sup>3</sup>, Алина Артемовна Юлайханова<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбу-  
бург, Россия

<sup>1</sup> Karinagumbert90@gmail.com

<sup>2</sup> gazeev\_m@list.ru

<sup>3</sup> avs1972@mail.ru

<sup>4</sup> mart.alinka@mail.ru

***Аннотация.*** Рассмотрена возможность разработки пигментированной лакокрасочной композиции (ЛКК) на основе эпоксидных смол для получения покрытий со специальным перламутровым эффектом – металлик. Приводятся сведения по исследованию степени перетира применяемых пигментов, равномерности их распределения в сформированном защитно-декоративном покрытии (ЗДП). Проведены исследования по определению потенциала дисперсных систем электрофоретическим методом и рассмотрены различные виды ПАВ для ЛКК, дана оценка результатов исследований.

***Ключевые слова:*** лакокрасочное покрытие, защитно-декоративное покрытие, эпоксидная смола, пигменты, слюда, ПАВ

***Для цитирования:*** Исследование лакокрасочной композиции на основе эпоксидных смол с добавлением пигментов на основе слюды / К. А. Башкирова, М. В. Газеев, А. В. Свиридов, А. А. Юлайханова // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 30–36.



Scientific article

## INVESTIGATION OF THE PAINT COMPOSITION BASED ON EPOXY RESINS WITH THE ADDITION OF MICA-BASED PIGMENTS

**Karina A. Bashkirova<sup>1</sup>, Maxim V. Gazeev<sup>2</sup>, Alexey V. Sviridov<sup>3</sup>, Alina A. Yulayhanova<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> Karinagumbert90@gmail.com

<sup>2</sup> gazeev\_m@list.ru

<sup>3</sup> avs1972@mail.ru

<sup>4</sup> mart.alinka@mail.ru

**Abstract.** The possibility of developing a pigmented paint and varnish composition (PVC) based on epoxy resins for obtaining coatings with a special pearlescent metallic effect is considered. Information is given on the study of the degree of grinding of the applied pigments, the uniformity of their distribution in the formed protective and decorative coating (PDC). Studies have been carried out to determine the potential of dispersed systems by the electrophoretic method and various types of surfactants for LCC have been considered, and an assessment of the research results has been given.

**Keywords:** paint coating, protective and decorative coating, epoxy resin, pigments, mica, SAS

**For citation:** Investigation of a paint and varnish composition based on epoxy resins with the addition of mica-based pigments / K. A. Bashkirova, M. V. Gazeev, A. V. Sviridov, A. A. Yulaykhanova // Woodworking: technologies, equipment, management XXI century. 2023. P. 30–36.

В настоящий момент в деревообрабатывающей и мебельной отрасли стоит вопрос о разработке новых лакокрасочных материалов (ЛКМ), которые обеспечивают ЗДП на изделиях из древесины с требуемым комплексом свойств.

На кафедре механической обработки древесины совместно с кафедрой химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов УГЛТУ разработана рецептура ЛКК на основе эпоксидной смолы для отделки изделий из древесины и древесных материалов [1].

Данный состав обеспечивает формирование прозрачных ЗДП с высокими физико-механическими показателями. Для создания непрозрачных покрытий применяют краски и эмали, которые представляют собой пигментированные ЛКК. На современном рынке ЛКМ также присутствуют ЛКК с различными эффектами, обеспечивающие лессирующие покрытия, которые по химической природе пленкообразователя в большинстве своем полиуретановые или полиакриловые.

Исследования пигментированных ЛКК проводились на кафедре МОД ранее в 1990-х годах Ю. И. Ветошкиным и С. Н. Щурковой, поэтому в работе было решено опереться на их результаты [2].

Цель работы – разработка пигментированной резульаты ЛКК на основе эпоксидных смол для получения покрытий со специальным перламутровым эффектом (металлик).

Для получения пигментированных ЛКК были отобраны пигменты на основе слюды, обработанной диоксидом титана (IV)  $TiO_2$ , трех цветов: желтый, голубой и серебристый, которые ранее применялись в работах Ю. И. Ветошкина и С. Н. Щурковой. Выбранные пигменты обеспечивают формирование ЗДП с перламутровым эффектом (металлик), физически и химически инертны [2], обладают повышенной светостойкостью и создают дополнительную защиту от ультрафиолета.

Для исследования были использованы следующие материалы: лакокрасочная композиция, состоящая из эпоксидной смолы на основе бисфенола А (4,4-диоксифенилпропана-2,2) – ЭСБА. Эпоксидная смола соответствует ГОСТ 10587–84 «Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные. Технические условия» [1].

В эпоксидную смолу вводился отвердитель аминного типа ОТ-2М. Отвердители данной группы обеспечивают полимеризацию как при комнатной температуре, так и при нагревании ЛКП [3]. Данный отвердитель в композиции с эпоксидной смолой обеспечивает повышенные физико-механические показатели, такие как стойкость покрытия к удару, высокую влагостойкость и стойкость к воздействию УФ-излучения.

ЗДП формировали на деревянных подложках тангенциального раскроя. Заготовки были получены из пиломатериалов с влажностью 8–12 %. Образцы древесины предварительно шлифовали под отделку до шероховатости  $\leq 16$  мкм, после чего с них была удалена пыль.

В емкость наливали эпоксидную смолу и вводили отвердитель, замешивание компонентов состава осуществляли стеклянной палочкой вручную. Затем постепенно вводили пигменты в сухом виде в рабочий состав. В процессе замешивания визуально контролировали образование воздушных пузырьков в ЛКК и равномерность распределения пигмента. Состав на деревянные подложки наносили кистью. Сушку ЗДП осуществляли при комнатной температуре.

Были проведены следующие исследования ЗДП.

1. Равномерность распределения пигментов в ЗДП – оценивалась визуально.
2. Время отверждения ЗДП с помощью прибора ВИ-4 [4].
3. Определение потенциала дисперсных систем электрофоретическим методом (дзета-потенциал) согласно методике [5].
4. Степень перетира пигментов на приборе «Клин» согласно методике [4].

В соответствии с методикой, изложенной в литературных источниках, были проведены экспериментальные исследования по оценке качества разрабатываемого ЛКМ на основе эпоксидной смолы с добавлением пигмента, а также ЗДП на его основе.

В результате исследования степени перетирания пигментов на приборе «Клин» получили следующее:

- желтый пигмент имеет размеры частицы 60–140 мкм,
- голубой – 60–130 мкм,
- серебристый – 80–160 мкм.

Сухая масса каждого из пигментов неоднородна по фракционному составу, что наглядно видно из изображений частиц пигмента в тринокулярный микроскоп Микромед-3 (рис. 1–3).

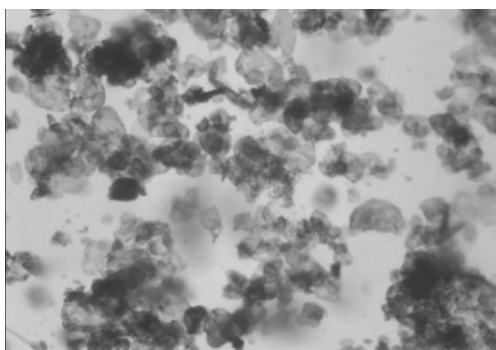


Рис. 1. Частицы голубого пигмента в микроскоп Микромед-3, увеличение  $\times 10$

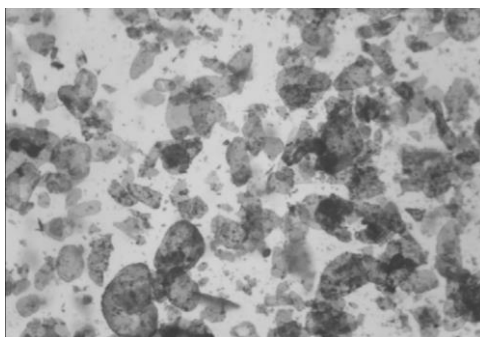


Рис. 2. Частицы желтого пигмента в микроскоп Микромед-3, увеличение  $\times 4$

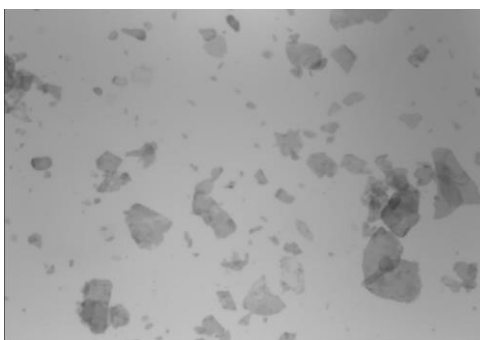


Рис. 3. Частицы серебристого пигмента в микроскоп Микромед-4, увеличение  $\times 4$

Визуальная оценка равномерности распределения пигментов в ЗДП показала, что пигменты распределяются неравномерно, хаотично слипаясь с поверхностью подложки (рис. 4).



Рис. 4. ЗДП на основе эпоксидной смолы с добавлением серебристого пигмента

Время отверждения пигментированного ЗДП составило 120–150 мин.

Определение электрокинетического потенциала не дало нужного результата, поскольку ни один из исследуемых пигментов не начинал движение в электрокинетической ячейке при подаче напряжения.

По результатам эксперимента было принято решение провести исследование разрабатываемой ЛКК с добавлением различных видов ПАВ для получения равномерного ЗДП на древесине и древесных материалах. В качестве пигмента был выбран голубой пигмент, так как он был наиболее однородным по своему дисперсному составу.

Пластификатором были выбраны следующие ПАВ:

- децил глюкозид – неионное ПАВ;
- ОП-7 (оксиэтилированные спирты)– неионогенное ПАВ;
- кокаmidопрoпилбетаин – амфoтерное ПАВ;
- лауретсульфат натрия – аниoноактивное ПАВ.

Было исследовано 4 состава, в которых менялся только вид ПАВ:

- эпоксидная смола – 100 %;
- отвердитель – 8 %;
- ПАВ – 1 %;
- пигмент – 0,5 %.

Оценка равномерности распределения пигментов в ЗДП производилась визуально.

Наиболее равномерное покрытие обеспечила ЛКК, в состав которой вводился ПАВ ОП-7 (оксиэтилированные спирты).

По результатам исследований были сделаны следующие выводы.

1. Поскольку все пигменты в своей массе имеют разный фракционный состав, это может сказаться на физико-механических свойствах формируемого

ЗДП. От дисперсности в значительной степени зависит укрывистость пигментированных ЛКМ, красящая способность цветных пигментов. Дисперсность оказывает значительное влияние на реологические свойства пигментированных ЛКМ, их агрегативную и кинетическую устойчивость [6].

2. Для создания стабильной дисперсной системы необходимо диспергирование существующих пигментов до более однородной по дисперсному составу частиц либо создание на их основе пигментной пасты для ее ввода в рабочий состав на основе эпоксидной смолы [7].

3. Также для исключения неравномерности распределения пигментов в ЗДП следует провести эксперимент по определению количества пигментов, вводимых в состав ЛКК.

4. Для регулирования времени отверждения ЗДП следует провести эксперимент по нахождению необходимого количества ускорителя для отверждения ЛКК.

Таким образом, разрабатываемая новая пигментированная ЛКК на основе эпоксидных смол обеспечивает получение лессирующего покрытия с перламутровым эффектом и является актуальной. Однако создание стабильной пленкообразующей системы для получения ЗДП с необходимым комплексом свойств требует проведения дополнительных исследований.

## Список источников

1. Bashkirova K. A, Gazeev M. V, Sviridov A. V. (2022) Features of planning an experiment to develop a new paint and varnish composition for the formation of protective and decorative coatings on wood products. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 949. DOI:10.1088/1755-1315/949/1/012065

2. Щуркова С. Н. Формирование защитно-декоративных лакокрасочных покрытий с перламутровым эффектом на изделиях из древесины : дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург : ЛТИ, 1994. 260 с.

3. Мошинский Л. Я. Эпоксидные смолы и отвердители. Тель-Авив : Аркадия пресс Лтд, 1995. 370 с.

4. Карякина М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. М. : Химия, 1988. 272 с.

5. Определение электрокинетического потенциала методом электрофореза: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Поверхностные явления и дисперсные системы» и «Коллоидная химия» для студентов ХТФ, ФТФ, ЭЛТИ, ИГНД / сост. Е. В. Михеева, Н. П. Пикула. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2009. 16 с.

6. Мартинкевич А. А., Прокопчук Н. Р. Пигменты для современных лакокрасочных материалов : учеб.-метод. пособие для студентов по специаль-

ности 1-48 01 02 «Химическая технология производства и переработки органических материалов» специализации 1-48 01 02 03 «Технология лакокрасочных материалов». Минск : БГТУ, 2014. 130 с.

7. Газеев М. В. Теоретическое исследование процесса формирования защитно-декоративного покрытия на древесине с применением пропитывающего тонирующего состава на основе алкидных смол // Технология древесных плит и пластиков : межвуз. сб. Екатеринбург, 2004. С. 79–85.

## References

1. Bashkirova K. A., Gazeev M. V., Sviridov A. V. (2022) Features of planning an experiment to develop a new paint and varnish composition for the formation of protective and decorative coatings on wood products. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 949. doi:10.1088/1755-1315/949/1/012065

2. Shchurkova S. N. Formation of protective and decorative paint coatings with a mother-of-pearl effect on wood products. Dissert. Candidate of Technical Sciences. St. Petersburg : DTI, 1994. 260 p.

3. Moshinsky L.Y a. Epoxy resins and hardeners. Tel Aviv : Arcadia press Ltd, 1995. 370 p.

4. Karyakina M. I. Testing of paint and varnish materials and coatings. Moscow : Chemistry, 1988. 272 p.

5. Determination of electrokinetic potential by electrophoresis: guidelines for laboratory work in the disciplines "Surface phenomena and dispersed systems" and "Colloidal chemistry" / Comp. E. V. Mikheeva, N. P. Pikula. Tomsk : Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2009. 16 p.

6. Martinkevich A. A., Prokopchuk N. R. Pigments for modern paint and varnish materials : textbook.- method. manual "Chemical technology of production and processing of organic materials" specialization 1-48 01 02 03 "Technology of paint and varnish materials". Minsk : BSTU, 2014. 130 p.

7. Gazeev M. V. Theoretical study of the process of forming a protective and decorative coating on wood with the use of an impregnating toning composition based on alkyd resins //Technology of wood boards and plastics : interuniversity collection. Yekaterinburg, 2004. P. 79–85. (in Russ.)

Научная статья  
УДК 674.07

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ НАПОЛЬНЫХ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ ДРЕВЕСИНЫ К ИСТИРАНИЮ

Максим Владимирович Газеев<sup>1</sup>, Илья Иванович Катяев<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> gazeevmv@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> ilya-kot@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются исследования по применению метода определения прочности покрытий к истиранию о вращающийся барабан со шлифованной шкуркой для напольных защитно-декоративных покрытий, образованных паркетными жидкими лакокрасочными материалами на древесине.

**Ключевые слова:** паркет, лак, покрытие, методы, истирание

**Для цитирования:** Газеев М. В., Катяев И. И. Исследование стойкости напольных защитно-декоративных покрытий древесины к истиранию // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 37–42.

Scientific article

## STUDY OF THE RESISTANCE OF FLOOR PROTECTIVE AND DECORATIVE COATINGS OF WOOD TO ABRASION

Maksim V. Gazeev<sup>1</sup>, Iliya I. Katyaev<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> gazeevmv@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> ilya-kot@mail.ru

**Abstract.** The article deals with studies on the application of the method for determining the coating strength to abrasion against a rotating drum with sanded skin for floor protective and decorative coatings formed by parquet liquid paints and varnishes on wood.

**Keywords:** parquet, varnish, coating, methods, abrasion

**For citation:** Gazeev M. V., Katyaev I. I. Study of the resistance of floor protective and decorative wood coatings to abrasion // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 37–42.

Показатель стойкости защитно-декоративных покрытий (ЗДП) к истиранию является основополагающим при выборе материалов для формирования напольных покрытий, поскольку они больше всего подвержены данным нагрузкам исходя из условий их эксплуатации. В первую очередь это относится к тем изделиям или продуктам, для которых недопустимы изменения во внешнем виде в ходе эксплуатации (потеря цвета, блеска, появление царапин, потертостей и пр.) [1, 2].

Для определения данного показателя известны различные методы испытаний:

– прочности покрытий к истиранию струей падающего песка по ГОСТ 20811–75 [3];

– прочности покрытий к истиранию покрытия движущейся лентой шлифованной шкурки при заданной нагрузке на образец ГОСТ 20811–75 [3];

– прочности покрытий к истиранию при трении шлифованной шкуркой вращающимися фрикционными роликами на поворотном столе по ГОСТ 27820–88 (абразиметр Табера) [4];

– уменьшения объема образца в результате истирания о вращающийся цилиндр (барабан с закрепленной на нем шлифовальной шкуркой) по ГОСТ 11012–2017 [5].

ГОСТ 11012–2017 распространяется на пластмассы и устанавливает метод испытания пластмасс на истирание образцов цилиндрической формы диаметром 10 мм и высотой 10–20 мм шлифовальной шкуркой.

Цель работы – исследовать стойкость ЗДП на древесине к истиранию (абразивному износу) по ГОСТ 11012–2017.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- сформировать ЗДП древесины жидкими ЛКМ;
- провести оценку толщины сформированных ЗДП;
- провести оценку стойкости образцов сформированных ЗДП к истиранию на вращающемся цилиндре;
- предложить рекомендации по применимости данного метода для оценки стойкости к истиранию ЗДП древесины.

Для проведения исследований были выбраны следующие ЛКМ:

- водный акрил – полиуретановый паркетный лак Akvateks;
- водный акрил – полиуретановый паркетный самогрунтующийся лак Renner YO20 M838;
- полиуретановый паркетный лак Renner FO40 M050 с отвердителем Renner FCM 050 и грунтом Renner FL M050.

Согласно техническим рекомендациям и технологии производителей вышеописанных жидких ЛКМ, на образцах из древесины сосны размером 250×100×22 мм были сформированы многослойные паркетные ЗДП.

Для проведения испытаний по ГОСТ 11012–2017 из полученных образцов древесины с ЗДП были вырезаны на фрезерно-копировальном



станке специальные образцы диаметром  $10 \pm 0,4$  мм и высотой 12 мм для установки в абразиметр. Для более объективного результата предварительно провели оценку толщины полученных прозрачных ЗДП оптическим методом на микроскопе МИС-11 [6].

Образцы изготовлены для установки по определению прочности к истиранию – АРGI 613 (рис. 1, 2). Метод испытания приведен в ГОСТ 11012–2017.



Рис. 1. Общий вид испытательной машины АРGI 613

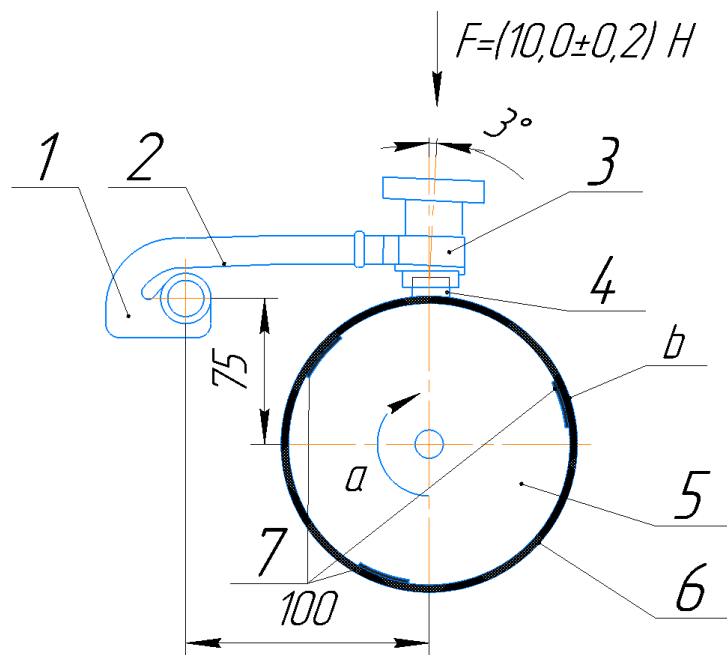


Рис. 2. Схема испытательной машины

- 1 – салазки; 2 – поворотный рычаг; 3 – патрон для крепления образца;
- 4 – испытуемый образец; 5 – вращающийся цилиндр; 6 – шлифовальная шкурка;
- 7 – двухсторонняя клеящая лента;  $F$  – вертикальная нагрузка;
- $a$  – скорость вращения 40 об/мин;  $b$  – ширина стыка  $\leq 2$  мм

В ходе испытания выяснилось, что режимные параметры, регламентированные в ГОСТ для испытания пластмасс, не позволяют оценить стойкость образцов ЗДП древесины, так как за половину оборота вращающегося цилиндра со шлифовальной шкуркой зернистостью Р240 происходит неравномерное истирание поверхности ЗДП и в большинстве случаев испытаний (8 из 10 образцов) происходит удаление ЗДП полностью до подложки (древесины) с задирами с образованием нечеткого по структуре контактного пятна в форме эллипса, что не позволяет выполнить оценку толщины покрытия после проведения испытания на истирание.

В результате испытаний было принято решение изменить зернистость шлифовальной шкурки с Р240 на Р1000, что позволило провести исследования стойкости ЗДП к истиранию на вращающемся цилиндре и получить обнадеживающие результаты по применению данного метода.

Замерив массу образцов на весах Ohaus Explorer EX225D и установив шлифовальную шкурку Р1000 на вращающийся цилиндр, провели испытания образцов. Потеря массы с учетом статистической обработки результатов испытаний образцов ЗДП на истирание приведена в таблице.

### Статистическая обработка результатов

№	ЛКМ	Количество опытов			$\bar{X}$	$S$	$S_r$	$V, \%$	$m$	$P_r, \%$
		$X_1$	$X_2$	$X_3$						
1	Akvateks	$5,3 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-4}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$5,2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	6,22	$2 \cdot 10^{-5}$	3,59
2	Renner YO20 M838	$14 \cdot 10^{-4}$	$12,9 \cdot 10^{-4}$	$13,8 \cdot 10^{-4}$	$14 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-9}$	$5,9 \cdot 10^{-5}$	4,32	$3 \cdot 10^{-5}$	2,49
3	Renner FO40 M050	$3,1 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	8,78	$1 \cdot 10^{-5}$	5,07

1. Определение выборочного среднего арифметического  $\bar{X}$  по формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (1)$$

где  $X_i$  – значение испытываемого свойства;  
 $n$  – количество образцов.

2. Определение выборочного среднего квадратического отклонения  $S$  по формуле

$$S = + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}. \quad (2)$$

3. Определение средней ошибки  $S_r$  выборочного среднего арифметического по формуле

$$S_r = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (3)$$

4. Определение выборочного коэффициента вариации  $V$  в процентах по формуле

$$V = \frac{S}{\bar{X}} 100. \quad (4)$$

5. Определение относительной точности  $P_\gamma$  выборочного среднего по формуле

$$P_\gamma = \frac{S_r t_\gamma}{\bar{X}} 100, \quad (5)$$

где  $t_\gamma = 2,776$  – квантиль распределения Стьюдента (объем выборки – 5, доверительная вероятность – 0,95).

Получили среднее арифметическое значение потерь масс, результаты приведены на рис. 3.

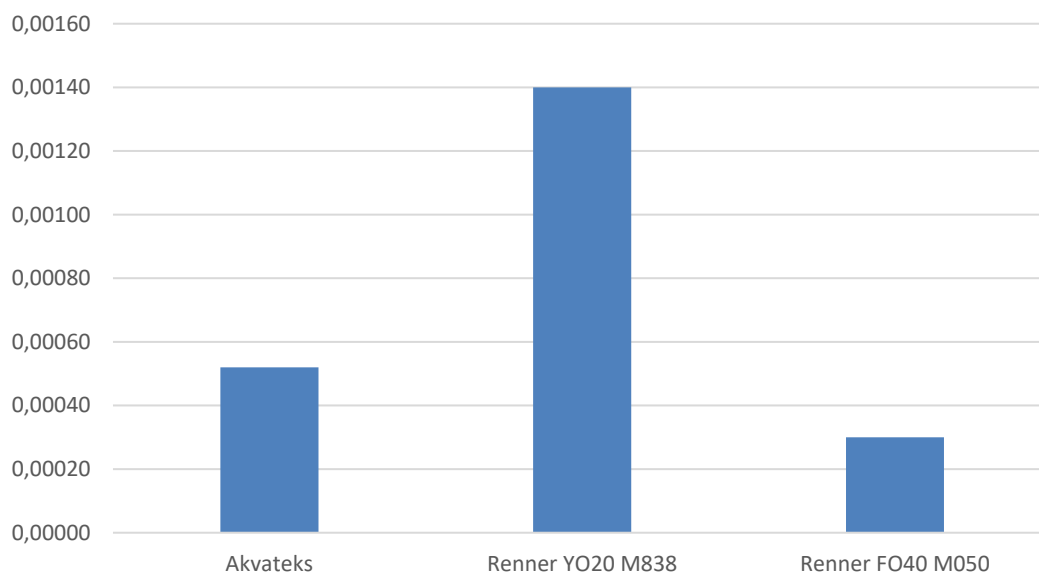


Рис. 3. Среднее арифметическое значение потерь масс при испытании на установке APGI 613

Из результатов, приведенных в таблице и на рисунке, видно, что более стойкими к истиранию являются лаки Akvateks и Renner FO40 M050.

Можно сделать вывод, что данный метод можно рекомендовать для оценки стойкости к истиранию ЗДП при уменьшении зернистости шлифовальной шкурки и количества оборотов цилиндра.

## Список источников

1. Жуков Е. В., Онегин В. И. Технология защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов : учеб. для вузов по спец. «Технология деревообработки». М. : Экология, 1993. 301 с. ISBN 5-7120-0443-7.
2. Юшкевич В. В. Технология и оборудование защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов : учебное пособие для студентов специальности 250403 «Технология деревообработки» вузов региона : в 2 ч. Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2006. Ч. 2. 221 с. ISBN 5-7596-0640-9.
3. ГОСТ 20811-75. Методы испытания покрытий на истирание. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200019443> (дата обращения: 23.05.23).
4. ГОСТ 27820-88. Метод определения стойкости защитно-декоративных покрытий к истиранию. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200017883> (дата обращения: 23.05.23).
5. ГОСТ 11012-2017. Пластмассы. Метод испытания на абразивный износ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146582> (дата обращения: 23.05.23).
6. ГОСТ 33094-2014. Метод определения толщины прозрачных лаковых покрытий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200122445> (дата обращения: 23.05.23).

## References

1. Zhukov E. V., Onegin V. I. Technology of protective and decorative coatings for wood and wood materials: [Textbook. for universities on special "Technology of woodworking"]. M.: Ecology, 1993. 301, [1] p. : ill.; 20 cm. ISBN 5-7120-0443-7.
2. Yushkevich V. V. Technology and equipment for protective and decorative coatings of wood and wood materials: a textbook for students of the specialty 250403 "Woodworking Technology" of universities in the region: [in 2 parts]. Vladivostok: Publishing House of the Far Eastern State Technical University, 2006. 21 see Ch. 2. 2006. 221 p. : ill., tab.; ISBN 5-7596-0640-9.
3. GOST 20811-75. Methods for testing coatings for abrasion. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200019443> (accessed 23.05.23).
4. GOST 27820-88 Method for determining the resistance of protective and decorative coatings to abrasion. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200017883> (accessed 23.05.23).
5. GOST 11012-2017. Plastics. Abrasion test method. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146582> (accessed 23.05.23).
6. GOST 33094-2014. Method for determining the thickness of transparent varnish coatings. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200122445> (accessed 23.05.23).

Научная статья  
УДК665.939.57

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СКЛЕИВАНИЯ МАССИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ КЛЕЕВЫМ СОСТАВОМ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ ПРИ ПОМОЩИ ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА**

**Кирилл Васильевич Носоновских<sup>1</sup>, Екатерина Юрьевна Лыхина<sup>2</sup>,  
Максим Владимирович Газеев<sup>3</sup>, Алексей Владиславович Свиридов<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбу-  
бург, Россия

<sup>1</sup> kirya.nosonovskikh@mail.ru

<sup>2</sup> katya\_kot7012002@mail.ru

<sup>3</sup> gazeevmv@usfeu.ru

<sup>4</sup> sviridovav@m.usfeu.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрена зависимость прочности склеивания древесины клеевой композицией на основе эпоксидной смолы от продолжительности активации клеевого слоя инфракрасным нагревом перед склеиванием. Приведена методика проведения испытаний. Сделана статистическая обработка данных, в том числе корреляционный, дисперсионный и линейный регрессионный анализы. Также построено уравнение зависимости влияния инфракрасного нагрева на прочность склеивания.

**Ключевые слова:** эпоксидные смолы, клей, склеивание древесины, прочность клеевого соединения, инфракрасный нагрев

**Для цитирования:** Интенсификация склеивания массивной древесины клеевым составом на основе эпоксидной смолы при помощи инфракрасного нагрева / К. В. Носоновских, Е. Ю. Лыхина, М. В. Газеев, А. В. Свиридов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 43–49.

Scientific article

## **INTENSIFICATION OF GLUING OF SOLID WOOD WITH EPOXY RESIN-BASED ADHESIVE COMPOSITION USING INFRARED HEATING**

**Kirill V. Nosonovskikh<sup>1</sup>, Ekaterina Yu. Lykhina<sup>2</sup>, Maxim V. Gazeev<sup>3</sup>, Alexey V. Sviridov<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> kirya.nosonovskikh@mail.ru

<sup>2</sup> katya\_kot7012002@mail.ru

<sup>3</sup> gazeevmv@usfeu.ru

<sup>4</sup> sviridovav@m.usfeu.ru

**Abstract.** The article considers the dependence of the strength of gluing wood with an epoxy-based adhesive composition on the duration of activation of the adhesive layer by infrared heating before gluing. The method of conducting tests is given. Statistical data processing, including correlation, variance and linear regression analyses, has been performed. An equation of the dependence of the effect of infrared heating on the bonding strength is also constructed.

**Keywords:** epoxy resins, glue, wood gluing, adhesive joint strength, infrared heating

**For citation:** Intensification of gluing solid wood with an adhesive composition based on epoxy resin using infrared heating / K. V. Nosonovskikh, E. Yu. Lykhina, M. V. Gazeev, A.V. Sviridov // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 43–49.

Древесина представляет собой простой в обработке материал, относительно недорогой, а также обладающий высокими показателями физико-механических и декоративных свойств. Благодаря склеиванию появляется возможность производства деталей больших сечений и сложных форм [1]. Однако технология производства клееной древесины предполагает большое количество технологических операций, а операция склеивания является так называемым узким местом в любом технологическом процессе и ограничивает производительность производства [2].

В связи с этим как никогда актуальны исследования по совершенствованию технологии склеивания и разработки новых быстроотверждаемых клеев для древесины.

В Уральском государственном лесотехническом университете (УГЛТУ) ведется разработка быстроотверждаемой клеевой композиции на основе эпоксидной смолы, а также рассматривается возможность применения энергоэффективных способов интенсификации склеивания [3].

Одним из таких способов интенсификации является активация клеевого слоя перед склеиванием при помощи инфракрасного (ИК) нагрева. Цель работы – изучить влияние продолжительности ИК-активации клеевого слоя на адгезионную прочность клеевого соединения древесины.

Образцы для определения предела прочности клеевого соединения выпиливали из заготовок древесины березы сечением 30×30 мм и максимальной длиной 500 мм. Влажность образцов (7–8 %) фиксировалась электровлагомером Testo-606-2 так же, как и температура и влажность воздуха в помещении: 18–19 °С и 60–70 % соответственно.

При проведении эксперимента использовали клеевую композицию эпоксидной смолы на основе бисфенола А с добавлением отвердителя аминного типа.

С помощью электронных весов АСОМЖВ-1С осуществлялся контроль массовых частей клеевой композиции и определялся ее расход при нанесении на поверхность древесины. Расход составил 120–130 г/м<sup>2</sup>.

Нагрев клевого слоя осуществлялся ИК-нагревателем с трубчатыми теннами. Температура нагрева поверхности клевого слоя измерялась пирометром MIKRON M120CF.

Испытание предела прочности клевого соединения выполняли согласно ГОСТ 33120–2014 на испытательной машине VEB Werkstoffprufmaschinen Leipzig [4].

Технологический процесс склеивания ламелей массивной древесины состоит из следующих операций.

1. Очистка поверхности (удаление пыли и т. п.) – осуществляли сухой щеткой.

2. Нанесение клея на склеиваемые поверхности – осуществляли вручную кистью.

3. Открытая выдержка под инфракрасным нагревателем в течение заданного времени (1, 2 или 3 мин) при 80–85 °С.

4. Склеивание заготовок при помощи винтового пресса, давление – 0,4–0,6 МПа (схема прессования заготовок приведена на рис. 1).

5. Технологическая выдержка.

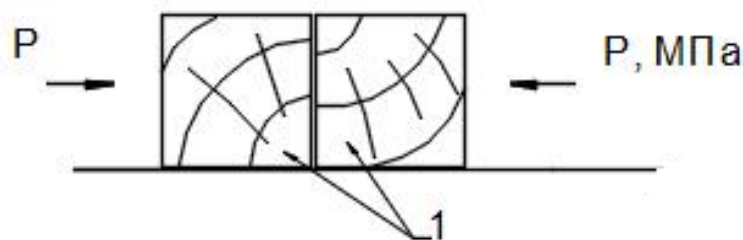


Рис. 1. Схема склеивания ламелей: 1 – березовые ламели

Из полученных ламелей были выпилены образцы, форма и размеры которых регламентируются ГОСТ 33120–2014 [4].

При проведении испытаний на скалывание вдоль волокон образец устанавливали в специальное приспособление, которое показано на рис. 2.

Образец нагружается непрерывно до его разрушения и фиксации разрушающей нагрузки. Затем рассчитывается предел прочности по формуле

$$\sigma = P/F.$$



Рис. 2. Образец, закрепленный в специальном приспособлении под нагрузкой испытательной машины

В ходе эксперимента было сформировано четыре группы образцов. Первая, контрольная группа (К.О.), была склеена без активации клеевого слоя. Вторая (М1), третья (М2) и четвертая (М3) группы образцов выдерживались в инфракрасном нагревателе в течение 1, 2 и 3 мин соответственно для интенсификации склеивания путем предварительной активации клеевого слоя.

Значения, полученные в результате эксперимента, были проверены при помощи статистической обработки (табл. 1).

Таблица 1

### Результаты статистической обработки

Значение	Среднее арифметическое $\bar{X}$	Среднее квадратическое отклонение $S$	Средняя ошибка $S_r$	Коэффициент вариации $V$	Относительная точность $P_\gamma$
К.О	9,74	1,02	0,46	10,48	12,04
М1	7,91	2,71	1,02	34,29	31,72
М2	11,33	1,79	0,59	15,83	12,17
М3	11,17	1,94	0,65	17,34	13,33

Также были проведены корреляционный, дисперсионный и линейный регрессионный анализы полученных результатов [5].

Коэффициент парной линейной корреляции составил  $r(yx) = 0,63$ . Была проведена проверка нуль-гипотезы при помощи распределения Стьюдента.

$$t = 4,27 > t_T = 2,04.$$

Так как  $t > t_T$ , то  $r(yx)$  не равно нулю, а составляет 0,63 с вероятностью 0,95.



По результатам корреляционного анализа можно сделать следующие выводы.

1.  $r(yx)$  отлично от нуля, следовательно, существует связь между величинами  $y$  (прочность клеевого шва) и  $x$  (продолжительность активации клеевого слоя).

2.  $r(yx)$  не равно 1, следовательно, зависимость корреляционная.

3.  $r(yx) > 0$ , следовательно, знак положительный.

4.  $r(yx)$  достаточно удалено от 1, следовательно, зависимость средняя [7, 8].

Результаты дисперсионного анализа занесены в табл. 2.

Таблица 2

## Анализ дисперсии

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	57,75	3	19,25	4,81	0,01	2,97
Внутри групп	104,09	26	4,003	–	–	–
Итого	161,84	29	–	–	–	–

Из данных табл. 2 следует, что продолжительность активации клеевого слоя путем инфракрасного нагрева влияет на прочность клеевого соединения с вероятностью 0,99 ( $P = 1 - (P\text{-значение})$ ).

Результаты линейного регрессионного анализа представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

## Вероятность описания экспериментальных данных линейным уравнением регрессии

Показатели дисперсионного анализа	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	1	25,82	25,82	5,31	0,03
Остаток	28	136,02	4,86	–	–
Итого	29	161,84	–	–	–

Из данных табл. 3 следует, что вероятность описания экспериментальных данных уравнением регрессии составляет 0,97 ( $1 - \text{значимость } F$ ).

Таблица 4

Оценка коэффициентов линейного уравнения регрессии

Статистические параметры	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95 %	Верхние 95 %
У-пересечение	8,71	0,77	11,31	$6,0 \cdot 10^{-12}$	7,13	10,28
Переменная X1	0,87	0,38	2,31	$2,9 \cdot 10^{-2}$	0,09	1,65

После анализа данных табл. 4 составляется уравнение влияния продолжительности активации клевого слоя при помощи инфракрасного нагрева на прочность клевого соединения на скалывание вдоль волокон древесины. Уравнение  $Y = 8,71 + 0,87x$  описывает данную зависимость с вероятностью 0,97.

Для наглядности составлен график зависимости на основе средних значений предела прочности на скалывание (рис. 3).

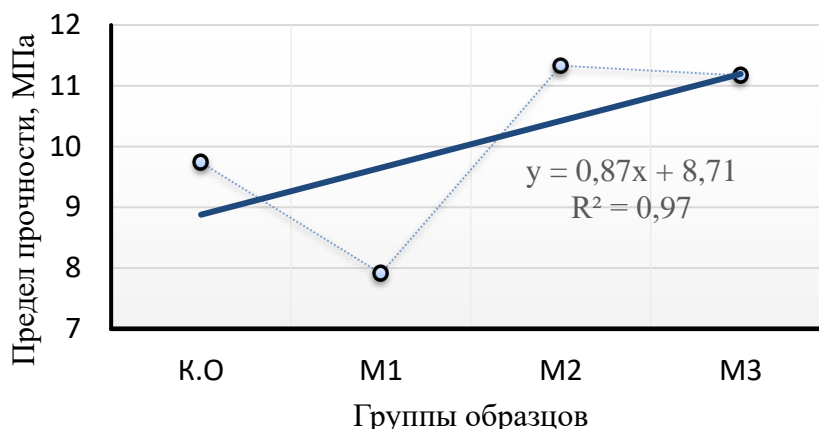


Рис. 3. График зависимости предела прочности клевого соединения от процентного соотношения отвердителя

Из нелинейных уравнений наиболее точно зависимость предела прочности клевого соединения от продолжительности активации клевого слоя инфракрасным нагревом описывает полиномиальная функция  $Y = 0,42x^2 - 1,31x + 10,18$  с вероятностью 0,48. Тем не менее рассчитанная ранее линейная функция  $Y = 8,71 + 0,87x$  имеет гораздо большую вероятность совпадения – 0,97. Поэтому за уравнение исследуемой зависимости принимаем ее.

Эксперимент показал ощутимое влияние продолжительности активации клевого слоя инфракрасным нагревом на прочность клевого соединения. С увеличением времени выдержки под инфракрасным нагревателем эффект от активации меняется от отрицательного до положительного и обратно. Так, непродолжительное время выдержки в течение одной минуты только снижает прочность клевого соединения, так же как и слишком

долгий нагрев образцов (3 мин и более). Для достижения наибольшей прочности клеевого соединения рекомендуется продолжительность активации инфракрасным нагревом в течение 2 мин. Это позволит улучшить данный показатель примерно на 15 %. Необходимы проведение дальнейших исследований и изучение влияния данного вида активации на другие показатели клеевого соединения, например на время отверждения.

## Список источников

1. Волынский В. Н. Технология клееных материалов : учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Архангельск : Изд-во Архангельского государственного технического университета, 2003. 280 с.
2. Левинский Ю. Б., Левинская Г. Н., Поротникова С. А. Технология строительных материалов и конструкций на основе древесины : учебное пособие. Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2011. 132 с.
3. Носоновских К. В., Газеев М. В. Исследование прочности склеивания массивной древесины клеевой композицией на основе эпоксидной смолы // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XVIII Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. 2022. №1. С. 659–653.
4. ГОСТ 33120–2014. Конструкции деревянные клееные. Методы определения прочности клеевых соединений. М. : Стандартиформ, 2019. 20 с.
5. Глухих В. В. Прикладные научные исследования. Екатеринбург : УГЛТУ, 2016. 240 с.

## References

1. Volynsky V. N. Technology of glued materials: a textbook for universities. (2nd ed., corrected and enlarged). Arkhangelsk: Publishing House of the Arkhangelsk State Technical University, 2003. 280 p.
2. Levinsky Yu. B., Levinskaya G. N., Porotnikova S. A. Technology of building materials and structures based on wood: textbook. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2011. 132 p.
3. Nosonovskikh K.V., Gazeev M.V. Study of the strength of gluing solid wood with an adhesive composition based on epoxy resin // Scientific work of youth - the forest complex of Russia: materials of the XVIII All-Russian (national) scientific and technical conference. 2022. №1. P. 659–653. (in Russ.)
4. GOST 33120-2014. Constructions wooden glued. Methods for determining the strength of adhesive joints. Moscow : Standartinform, 2019. 20 p.
5. Glukhikh V.V. Applied scientific research. Yekaterinburg : USFEU, 2016. 240 p.

Научная статья  
УДК 691.11

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ХИМИЗМА ПРОЦЕССА АЦЕТИЛИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Анатолий Алексеевич Прокопьев<sup>1</sup>, Регина Викторовна Салимгараева<sup>2</sup>

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

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

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

**Аннотация.** Чтобы обеспечить экологичную защиту древесины и несложный процесс переработки модифицированной древесины, необходимо внести изменения в структуру древесины с помощью метода, который не чужд природе, чтобы предотвратить нарушение биологических циклов. Таким методом является ацетилирование древесины. Процесс ацетилирования древесины можно разделить на две стадии: диффузия ледяной уксусной кислоты в древесине и химическая реакция между ледяной уксусной кислотой и древесиной. Химическая реакция в древесине была исследована путем математического моделирования процесса ацетилирования с помощью уравнения Ерофеева – Колмогорова. Была вычислена константа скорости реакции, а также энергия активации реакции в образцах березы (уравнение Аррениуса).

**Ключевые слова:** ацетилирование, ледяная уксусная кислота, древесина, уравнение Ерофеева – Колмогорова, уравнение Аррениуса

**Для цитирования:** Прокопьев А. А., Салимгараева Р. В. Математическое описание химизма процесса ацетилирования древесины // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 50–57.

Scientific article

## MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE CHEMISTRY OF THE WOOD ACETYLATION PROCESS

Anatoly A. Prokopiev<sup>1</sup>, Regina V. Salimgaraeva<sup>2</sup>

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

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

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

**Abstract.** In order to ensure eco-friendly protection of wood and a simple process of processing modified wood, it is necessary to make changes to the structure

of wood using a method that is not alien to nature in order to prevent disruption of biological cycles. This method is the acetylation of wood. The process of acetylation of wood can be divided into two stages: diffusion of glacial acetic acid in wood and chemical reaction between glacial acetic acid and wood. The chemical reaction in wood was investigated by mathematical modeling of the acetylation process using the Yerofeyev – Kolmogorov equation. The reaction rate constant was calculated, as well as the activation energy of the reaction in birch samples (Arrhenius equation).

**Keywords:** acetylation, glacial acetic acid, wood, Yerofeyev – Kolmogorov equation, Arrhenius equation

**For citation:** Prokopiev A.A., Salimgaraeva R.V. Mathematical description of the chemistry of the wood acetylation process // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 50–57.

В связи с повышением экологической осведомленности в последние годы исследования по классической консервации древесины с помощью опасных химикатов для пропитки были смещены в сторону более экологически чистых методов химической модификации с помощью органических молекул/полимеров. Процессы химической модификации основаны на замене или блокировке гидроксильных групп древесины обычно гидрофобными молекулами, что улучшает размерную стабильность, водоотталкивающие свойства и биологическую стойкость древесины [1].

Химическая модификация древесины для придания стабильности размеров и повышения долговечности является давно зарекомендовавшей себя областью исследований. Несмотря на то, что этот вопрос является предметом многочисленных публикаций, кинетике процесса модификации уделяется очень мало внимания. Древесина является сложным субстратом для проведения таких исследований из-за ее гетерогенной структуры и потому, что полимерные ОН-группы клеточной стенки проявляют различную реакционную способность из-за их химического строения [2–8].

Сложный состав и структура древесины не позволяют определять скорость реакции и константы массообмена глубоко внутри древесины. Такая информация необходима для успешного внедрения процесса ацетилирования древесины в производство как цельной древесины, так и древесно-полимерных композиционных материалов.

Ацетилирование заключается во введении ацетильных групп в состав химических компонентов древесины. В качестве ацетилирующих агентов для модифицирования древесины применяют уксусный ангидрид, кетен, уксусную кислоту и др. При ацетилировании древесины увеличивается ее объем, поскольку гидроксильные группы заменяются более крупными ацетильными [9].

В качестве реагента используется ледяная уксусная кислота. Ледяная уксусная кислота является органическим веществом и одной из многих видов уксусной (этановой) кислоты ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

Исследованию вопросов математического описания химических процессов при пропитке древесины и последующей сушке посвящено большое количество работ отечественных и зарубежных авторов [10–13].

## Методы и материалы

Предметом настоящего исследования является математическая модель процесса ацетилирования березы ледяной уксусной кислотой.

В связи с малоизученностью процесса обработки древесины ледяной уксусной кислотой представлялось интересным исследовать кинетику ацетилирования.

Для исследования был использован шпон березы (размерами 30х30 мм), предварительно высушенный в вакуумно-сушильном шкафу Memmert 400 в течение 3 ч при температуре  $105 \pm 2$  °С. Далее образцы погружали в ледяную уксусную кислоту (ГОСТ 61–75, конц. 99 %), выдерживали в течение 24, 48 и 72 ч, после чего повторно сушили в печи с целью удаления остаточных продуктов реакции. Об эффективности ацетилирования судили по содержанию связанной уксусной кислоты в продуктах реакции. Содержание ацетильных групп в ацетилированной древесине определяли по массе обработанных образцов.

Реакция ацетилирования древесины протекает в стандартных условиях (при атмосферном давлении и комнатной температуре  $T = 20$  °С). Обработку кинетических данных проводили по уравнению Ерофеева – Колмогорова [14]:

$$\ln[-\ln(1-\alpha)] = n \ln \tau + \ln K, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – степень превращения гидроксильных групп;

$n$  – эмпирический коэффициент, учитывающий число элементарных стадий при превращении зародыша в активно растущее ядро и число направлений, в которых растут ядра;

$\tau$  – время реакции, ч;

$K$  – константа скорости реакции.

Так как  $n < 1$ , это означает, что реакция ацетилирования лимитируется диффузией.

Степень превращения определяется как

$$\alpha = \frac{P_1}{P_2}, \quad (2)$$

где  $P_1$  – содержание связанной ледяной уксусной кислоты в момент времени  $\tau$ , полученное из опыта;

$P_2$  – теоретически рассчитанное максимальное содержание связанной ледяной уксусной кислоты исходя из среднего содержания ОН-групп в компонентах древесины (при условии, что все гидроксильные группы будут проацетилированы).

Предварительные расчеты показали, что для березы  $P_2 = 57 \%$ .  
Результаты исследований представлены в таблице.

Результаты ацетилирования шпона березы в ледяной уксусной кислоте

Температура, °С	Продолжительность, ч	Содержание связанной ледяной уксусной кислоты, %	Степень превращения	$\ln [-\ln (1 - \alpha)]$	Константа скорости реакции, ч <sup>-1</sup>
20	24	5,4	0,10	-2,25	0,0011
	48	10,8	0,19	-1,56	
	72	16,0	0,28	-1,11	

В существующих условиях реакции наблюдалась линейная зависимость между  $\ln[-\ln(1 - \alpha)]$  и  $\ln \tau$  (коэффициент корреляции составил 0,989–0,996).

По вычисленному значению константы скорости реакции оценивалась энергия активации процесса ацетилирования березового шпона ледяной уксусной кислотой с применением уравнения Аррениуса:

$$\ln K = \frac{E_a}{R} \frac{1}{T}, \quad (3)$$

где  $E_a$  – энергия активации, Дж/моль;

$R$  – молярная газовая постоянная (8,31 Дж/(моль·К));

$T$  – температура, при которой протекает реакция, К;

$K$  – константа скорости реакции.

Энергия активации для березы составила 2,679 Дж/моль.

По полученным результатам можно сделать вывод, что имеется линейная зависимость значений степени превращения от содержания связанной ледяной уксусной кислоты в древесине (рисунок).

На третьи сутки степень превращения достигает 0,28. С целью интенсификации процесса ацетилирования можно применять выдержку при повышенной температуре [15].

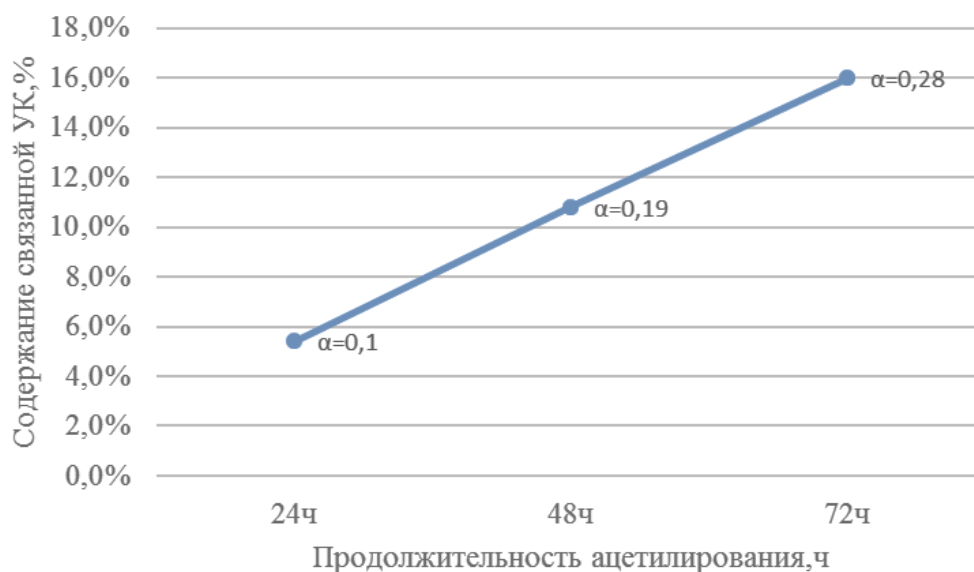


График зависимости содержания связанной ледяной уксусной кислоты от продолжительности ацетилирования и степени превращения

Таким образом, изучение кинетики ацетилирования древесины березы ледяной уксусной кислотой показывает, что замещение ОН-групп на ацетильные максимально происходит в течение 72 ч. Полученное по уравнению значение энергии активации свидетельствует о диффузионно-лимитируемом процессе реакции ацетилирования.

В ходе реализации математического описания процесса ацетилирования древесины березы путем выдержки в ледяной уксусной кислоте была доказана эффективность данного способа обработки древесного материала. Данное описание не ограничено конкретной породой древесины и может быть применено для любых сортов древесины. Было установлено, что полученные в результате математического описания химизма процесса ацетилирования данные об энергии активации и константе скорости реакции говорят о возможности рассмотрения данного способа в качестве метода предобработки как самих древесных материалов, так и наполнителей из древесины в производстве композиционных материалов. Перспективным направлением дальнейших исследований является определение наиболее подходящей температуры протекания реакции, позволяющей сократить продолжительность процесса ацетилирования древесины.

## Список источников

1. Mahmut Ali Ermeydan, Merve Cambazoğlua, Eylem D. Tomaka. A methodological approach to  $\epsilon$ -caprolactone modification of wood, *Journal of Wood Chemistry and Technology*, Volume 42, 2022. Issue 4. <https://doi.org/10.1080/02773813.2022.2085747>.



2. Прокопьев А. А., Салимгараева Р. В., Сафин Р. Р. Обзор современных исследований в области ацетилирования // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2022. № 2. С. 106–114.

3. A. Āboltnš, A. Morozovs. Modelling for Wood Modification. International Scientific Colloquium Modelling for Saving Resources Riga, May 17–18, 2001, 66–71.

4. Holger Militz & Stig Lande. Challenges in wood modification technology on the way to practical applications // *Wood Material Science and Engineering*. 2009. 4:1–2, P. 23–29.

5. Прокопьев А. А., Салимгараева Р. В., Сафин Р. Р. Снижение смачиваемости древесины путем ацетилирования // *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века : труды XVII Междунар. евразийского симпозиума*. Екатеринбург, 2022. С. 60–65.

6. Сафин Р. Р., Салимгараева Р. В., Прокопьев А. А. Исследование гигроскопичности ацетилированного древесного шпона // *Новые материалы и перспективные технологии лесопромышленного комплекса : матер. Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов*. Воронеж, 2022. С. 86–91.

7. Прокопьев А. А., Саерова К. В., Сафин Р. Р. Древесина как наполнитель для композиционных материалов, способы ее предварительной обработки // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2022. № 62. С. 321–324.

8. Саерова К. В., Мухаметзянова Г. Н., Прокопьев А. А. Изменение краевого угла смачивания древесины бука в зависимости от времени и способа обработки // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2022. № 62. С. 328–331.

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

10. Изучение кинетических закономерностей реакции ацилирования древесины осины ароматическими карбоновыми кислотами / А. В. Протопопов, В. В. Коньшин, Н. А. Чемерис, М. М. Чемерис // *Журнал общей химии*. 2011. Т. 81. Вып. 7. С. 1191–1194.

11. Ацетилирование сульфатного лигнина и древесины осины системой «уксусная кислота – тионилхлорид – трифторуксусная кислота / Д. Д. Ефрюшин, В. В. Коньшин, В. Ю. Зонова, А. С. Рогова, О. Н. Тимакова, М. М. Чемерис // *Природные соединения и продукты питания. Ползуновский вестник*. 2013. № 1. С. 20–203.

12. M. Nabhani, A. Laghdar, and Y. Fortin (2010) Simulation of High-Temperature Drying of Wood // *Drying Technology*, 28: 1142–1147, 2010. P. 1142–1149.

13. S. Pang (2007) Mathematical Modeling of Kiln Drying of Softwood Timber: Model Development, Validation, and Practical Application, *Drying Technology: An International Journal*, 25:3, 421-431, DOI: 10.1080/07373930601183751.

14. Шабалин В. Г., Чемерис М. М., Коньшин В. В. // Некоторые кинетические закономерности ацелирования древесины уксусной кислотой в присутствии тионилхлорида в среде ТФУК // ИВУЗ. Лесной журнал. 2004. № 1. С. 82–86.

15. Anil Kumar Sethy, Peter Vinden, Grigori Torgovnikov, Holger Militz, Carsten Mai, Lars Kloeser & Simon Przewloka (2012) Catalytic Acetylation of *Pinus radiata* (D. Don) with Limited Supply of Acetic Anhydride Using Conventional and Microwave Heating, *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 32:1, 1–11. DOI: 10.1080/02773813.2011.573121.

## References

1. Mahmut Ali Ermeydan, Merve Cambazoğlua, Eylem D. Tomaka. A methodological approach to  $\epsilon$ -caprolactone modification of wood, *Journal of Wood Chemistry and Technology*, Volume 42, 2022. Issue 4. <https://doi.org/10.1080/02773813.2022.2085747>.

2. Prokopiev A. A., Salimgaraeva, R. V., Safin R. R. Review of modern research in the field of acetylation // *Woodworking industry*. 2022. No. 2. Pp. 106–114. (in Russ.)

3. A. Aboltniš, A. Morozovs. Modeling for Wood Modification. International Scientific Colloquium Modeling for Saving Resources Riga, May 17-18, 2001. P. 66–71.

4. Holger Militz & Stig Lande. Challenges in wood modification technology on the way to practical applications // *Wood Material Science and Engineering*. 2009. 4:1-2. P. 23–29.

5. Prokopiev A. A., Salimgaraeva R. V., Safin R. R. Reducing the wettability of wood by acetylation // *Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. Proceedings of the XVII International Eurasian Symposium*. Yekaterinburg, 2022. P. 60–65. (in Russ.)

6. Safin R. R., Salimgaraeva R. V., Prokopiev A. A. Study of the hygroscopicity of acetylated wood veneer / New materials and advanced technologies of the timber industry. materials of the All-Russian scientific-practical conference of young scientists and students. Voronezh, 2022. P. 86–91. (in Russ.)

7. Prokopiev A. A., Saerova K. V., Safin R. R. Wood as a filler for composite materials, methods of its pretreatment // *Actual problems of the forest complex*. 2022. No. 62. P. 321–324. (in Russ.)

8. Saerova K. V., Mukhametzyanova G. N., Prokopiev A. A. Changes in the wetting angle of beech wood depending on the time and method of processing // Actual problems of the forest complex. 2022. No. 62. Pp. 328–331. (in Russ.)
9. Huyen Thanh Vo , Chang Soo Kim , Byoung Sung Ahn , Hoon Sik Kim & Hyunjoo Lee (2011) Study on Dissolution and Regeneration of Pop-lar Wood in ImidazoliumBased Ionic Liquids, Journal of Wood Chemistry and Technology, 31:2, Pp 89–102.
10. Study of the kinetic regularities of the acylation reaction of aspen wood with aromatic carboxylic acids // A. V. Protopopov, V. V. Konshin, N. A. Chemeris, M. M. Chemeris / Journal of General Chemistry. 2011. V. 81. Issue. 7. Pp. 1191–1194. (in Russ.)
11. Acetylation of sulfate lignin and aspen wood by the system "acetic acid – thionyl chloride – trifluoroacetic acid" / D. D. Efryushin, V. V. Konshin, V. Yu. Zonova, A. S. Rogova, O. N. Timakova, M. M. Chemeris // Natural compounds and foodstuffs. Polzunovskiy Bulletin 2013, No. 1. P. 200–203. (in Russ.)
12. M. Nabhani, A. Laghdir, and Y. Fortin (2010) Simulation of High-Temperature Drying of Wood / Drying Technology, 28: 1142–1147, 2010. P. 1142–1149.
13. S. Pang (2007) Mathematical Modeling of Kiln Drying of Softwood Timber: Model Development, Validation, and Practical Application, Drying Technology: An International Journal, 25:3. P. 421–431. DOI: 10.1080/07373930601183751.
14. Shabalin V. G., Chemeris M. M., Konshin V. V. // Some kinetic patterns of wood acetylation with acetic acid in the presence of thionyl chloride in TFA medium // IVUZ. Forest Journal. 2004. No. 1. P. 82–86. (in Russ.)
15. Anil Kumar Sethy, Peter Vinden, Grigori Torgovnikov, Holger Militz, Carsten Mai, Lars Kloeser & Simon Przewloka (2012) Catalytic Acetylation of Pinus radiata (D. Don) with Limited Supply of Acetic Anhydride Using Conventional and Microwave Heating, Journal of Wood Chemistry and Technology, 32:1, 1–11. DOI: 10.1080/02773813.2011.573121.

Научная статья  
УДК630\*812

## ВНУТРЕННИЕ НАПРЯЖЕНИЯ НАТУРАЛЬНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

Александр Викторович Руссу<sup>1</sup>, Владимир Александрович Шамаев<sup>2</sup>,  
Илья Николаевич Медведев<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Воронежский государственный лесотехнический университет, Воронеж,  
Россия

<sup>1</sup> arussu@mail.ru

<sup>2</sup> drevstal@mail.ru

<sup>3</sup> medved-vrn82@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам изучения внутреннего трения в натуральной древесине лиственницы. Использование метода свободно затухающих изгибных колебаний обеспечило сравнительное изучение поведения логарифмического декремента затуханий в зависимости от усилия изгиба в рабочем интервале от 10 до 50 Н для образцов модифицированной древесины с дефектом трещины и без нее. Величина внутреннего трения для образцов с дефектом трещины в среднем на 8–9 % меньше, чем без дефектов.

**Ключевые слова.** натуральная древесина лиственницы, внутреннее трение, логарифмический декремент затухания, дефекты древесины

**Для цитирования:** Руссу А. В., Шамаев В. А., Медведев И. Н. Внутренние напряжения натуральной древесины лиственницы // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 58–61.

Scientific article

## INTERNAL STRESSES OF NATURAL LARCH WOOD

Alexander V. Russu<sup>1</sup>, Vladimir A. Shamaev<sup>2</sup>, Ilya N. Medvedev<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Voronezh State Forest Engineering University, Voronezh, Russia

<sup>1</sup> arussu@mail.ru

<sup>2</sup> drevstal@mail.ru

<sup>3</sup> medved-vrn82@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the study of internal friction in natural larch wood. The use of the method of freely damped bending vibrations provided a comparative study of the behavior of the logarithmic damping decrement depending on the bending force in the operating range from 10 to 50 N for samples of modified

wood with and without a crack defect. The value of internal friction for samples with a crack defect is on average 8–9 % less than without defects.

**Keywords:** natural larch wood, internal friction, logarithmic damping decrement, wood defects

**For citation:** Russu A. V., Shamaev V. A., Medvedev I. N. Internal stresses of natural larch wood // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 58–61.

Механические напряжения возникают в твердом теле из-за внешней нагрузки, теплового фактора, деформации, из-за дефектов внутренней структуры. Так, например, если на деревянную конструкцию навесить большой вес, то она начнет сжиматься под действием нагрузки, т. е. испытывать механические напряжения. Дерево – это анизотропный материал. Из-за этого, например, изменение влажности окружающей среды может привести к разным видам деформаций и трещин. Также неравномерности распределения температуры внутри тела способствуют возникновению напряжений. Если древесина претерпевает деформацию, то в материале могут возникать механические напряжения.

Большое влияние на механические свойства древесины оказывает наличие дефектов структуры. Если в древесине присутствуют дефекты, например трещины, отверстия, то в них могут сосредоточиться напряжения. Образование трещин в древесине является результатом внутренних напряжений, которые возникают в материале при изменении влажности и термодинамических параметров окружающей среды. В процессе сушки древесина теряет влагу, что приводит к уменьшению объема материала и появлению напряжений. Внутренние напряжения могут возникать также при изменении температуры и влажности, когда различные части древесины расширяются или сжимаются по-разному.

Как внешние, так и внутренние напряжения в древесине зависят от множества факторов: типа дерева, процессов прироста, сезонных изменений, воздействия внешних сил и др. Однако можно выделить некоторые общие закономерности. Например, прирост кольцевых слоев, включая наружный, происходит на растущей древесине по закону ткани, т. е. сначала в материале отсутствует напряжение, затем оно возрастает и достигает максимума, затем уменьшается до нуля на границе между наружным и предыдущим слоем. Напряжения могут возникать и на микроскопическом уровне, например при работе клеток.

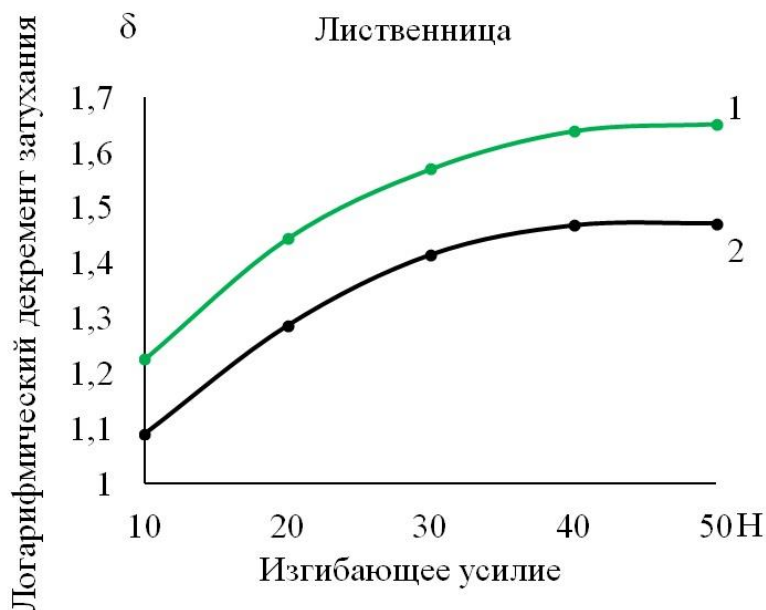
Для уменьшения влияния внутренних напряжений, вызванных изменением влажности окружающей среды, древесину обычно сушат в специальных условиях с постепенным снижением до определенного уровня влажности перед ее использованием в конструкционных или декоративных целях. Также возможно применение различных методов защиты древесины от перепадов температуры и влажности.

Нами предложено развитие метода механической спектроскопии на основе внутреннего трения применительно к натуральной древесине [1–4]. В работе использован метод изгибных колебаний для оценки внутреннего трения через логарифмический декремент затухания. Логарифмический декремент колебаний (затуханий) – это натуральный логарифм отношения двух последовательных максимумов, удаленных один от другого интервалом, равным одному периоду. Логарифмический декремент затухания и внутреннее трение связаны соотношением

$$Q^{-1} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{1}{\pi} \ln \left( \frac{A_n}{A_{n+1}} \right), \quad (1)$$

где  $Q^{-1}$  – величина внутреннего трения,  
 $\delta$  – логарифмический декремент затухания,  
 $A_n$  и  $A_{n+1}$  – амплитуды колебаний соседних периодов.

Данный метод показал, что при исследовании натуральной древесины лиственницы (образец радиального направления), обладающей внутренними напряжениями, приводящими к образованию трещин, внутреннее трение уменьшилось в среднем на 8–10 % (рисунок).



Экспериментальные кривые значений логарифмического декремента затухания для образцов натуральной древесины лиственницы:  
 1 – без дефектов, 2 – с дефектом (трещина)

Дальнейшие исследования в данном направлении могут представлять интерес с точки зрения экспертизы, дефектоскопии и диагностики качества состояния древесины, а также для повышения эффективности ее обработки [5].

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Zhang K., Saito Y. Effects of Boron Compounds Impregnation on the Physical and Vibro-Mechanical Properties of Spruce (*Picea Sp.*) // *Holzforschung*. 2023. № 77 (2). P. 106–118. <https://doi.org/10.1515/hf-2022-0139>
2. Murakonda S., Patel G., Dwivedi M. Characterization of Engineering Properties and Modeling Mass and Fruit Fraction of Wood Apple (*Limonia Acidissima*) Fruit for Post-Harvest Processing // *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 2021. № 21 (4). P. 267–277. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.09.005>
3. Shirmohammadi M., Faircloth A., Redman, A. Assessment of Sound Quality: Australian Native Hardwood Species for Guitar Fretboard Production // *Eur. J. Wood Wood Prod.* 2021. № 11. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01631-9>
4. Brémaud I., Gril J. Moisture Content Dependence of Anisotropic Vibrational Properties of Wood at Quasi Equilibrium: Analytical Review and Multi-Trajectories Experiments // *Holzforschung*. 2020. № 75 (4). P. 313–327. <https://doi.org/10.1515/hf-2020-0028>
5. Шишкина С. Б., Яцун И. В., Газеев М. В. Экспертиза мебели. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. 97 с.

## References

1. Zhang K., Saito Y. Effects of Boron Compounds Impregnation on the Physical and Vibro-Mechanical Properties of Spruce (*Picea Sp.*) // *Holzforschung*. 2023. № 77 (2). P. 106–118. <https://doi.org/10.1515/hf-2022-0139>
2. Murakonda S., Patel G., Dwivedi M. Characterization of Engineering Properties and Modeling Mass and Fruit Fraction of Wood Apple (*Limonia Acidissima*) Fruit for Post-Harvest Processing // *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 2021. № 21 (4). P. 267–277. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.09.005>
3. Shirmohammadi M., Faircloth A., Redman A. Assessment of Sound Quality: Australian Native Hardwood Species for Guitar Fretboard Production // *Eur. J. Wood Wood Prod.* 2021. № 11. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01631-9>
4. Brémaud I., Gril J. Moisture Content Dependence of Anisotropic Vibrational Properties of Wood at Quasi Equilibrium: Analytical Review and Multi-Trajectories Experiments // *Holzforschung*. 2020. № 75 (4). P. 313–327. <https://doi.org/10.1515/hf-2020-0028>
5. Shishkina S. B., Yatsun I. V., Gazeev M. V. Furniture expertise. Yekaterinburg : USFEU, 2022. 97 p.

Научная статья  
УДК 684.4.059.2

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ НА КРОМКАХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Светлана Валентиновна Совина<sup>1</sup>, Владислав Андреевич Кожевников<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург,  
Россия

<sup>1</sup> sovinasv@el.ru

<sup>2</sup> tsar1995@mail.ru

**Аннотация.** Возрастающие требования к качеству защитно-декоративных покрытий на древесине предполагают возможность поиска новых высокоэффективных материалов, таких как лакокрасочные композиции. Целью проведенной работы являлось получение пленки с хорошими защитными и технологическими свойствами на кромках большеформатных плитных материалов.

**Ключевые слова:** защитно-декоративное покрытие, эмаль, парафиновая эмульсия

**Для цитирования:** Совина С. В., Кожевников В. А. Исследования по формированию защитно-декоративных покрытий на кромках древесных материалов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 62–66.

Scientific article

## RESEARCH ON THE FORMATION OF PROTECTIVE AND DECORATIVE COATINGS ON THE EDGES OF WOOD MATERIALS

Svetlana V. Sovina<sup>1</sup>, Vladislav A. Kozhevnikov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> sovinasv@el.ru

<sup>2</sup> tsar1995@mail.ru

**Abstract.** The increasing requirements for the quality of protective and decorative coatings on wood suggest the possibility of searching for new high-performance materials, such as paint compositions. The purpose of the work carried out was to obtain a film with good protective and technological properties on the edges of large-format plate materials.



**Keywords:** protective and decorative coating, enamel, paraffin emulsion

**For citation:** Sovina S. V., Kozhevnikov V. A. Research on the formation of protective and decorative coatings on the edges of wood materials // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 62–66.

В настоящее время для уменьшения влагопоглощения и разбухания большеформатных фанерных плит возможно использование изолирующих грунтов, порошковых материалов, мягкого пластика (soft-touch), лакокрасочных композиций на основе традиционных лакокрасочных материалов [1].

На участке отделки кромок большеформатных фанерных плит ООО «Свеза Уральский» используется акриловая водно-дисперсионная эмаль «Оксоль» (ТУ 2316–006–44846324–2005).

Специальная акриловая основа делает лакокрасочный материал быстро сохнущим, позволяет выступать дополнительным антисептиком, защищающим от всевозможных негативных образований. Однако данный материал не обеспечивает достаточную защиту кромок большеформатных фанерных плит от воздействия агрессивных сред, таких как солнечные лучи, атмосферные осадки и химические элементы, что приводит к влагопоглощению и разбуханию кромок, вследствие чего фанера становится непригодной для циклического использования.

Поэтому исследования были направлены на улучшение защитных свойств защитно-декоративной пленки путем введения в лакокрасочный материал модифицирующей добавки в виде парафиновой эмульсии.

Основной целью работы являлись исследование влияния на величину влагопоглощения и разбухания технологических факторов [2], а также создание лакокрасочной композиции на основе акриловой водно-дисперсионной эмали и парафиновой эмульсии для защиты кромок большеформатных фанерных плит от влагопоглощения и разбухания.

Для достижения данной цели необходимо было решить следующие задачи:

- исследовать влияние шероховатости поверхности на влагопоглощение и разбухание кромок при нанесении акриловой эмали;
- определить влияние лакокрасочной композиции на основе акриловой водно-дисперсионной эмали и парафиновой эмульсии на влагопоглощение и разбухание.

Значения факторов исследования приведены далее.

Выбор постоянных факторов был произведен на основании классического эксперимента с учетом теоретического анализа и производственного опыта по реализации типовых технологических процессов.

1. Акриловая эмаль водно-дисперсионная «Оксоль» ...	ТУ 2316–006–44846324–2005
2. Парафиновая эмульсия ЭРГОВАКС 55LP .....	ТУ 0255–001–36449201–2005
3. Температура отверждения покрытия, °С .....	20 ± 2
4. Образцы: фанера, мм .....	100x100x15
5. Влажность образцов, % .....	8–10
6. Шероховатость Rm max, мкм .....	16
7. Температура окружающей среды, °С .....	20 ± 2
8. Влажность воздуха, % .....	Не менее 65

Были проведены экспериментальные исследования по влиянию шероховатости обрабатываемой поверхности на влагопоглощение и разбухание. При этом влагопоглощение и разбухание уменьшилось незначительно. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 1.

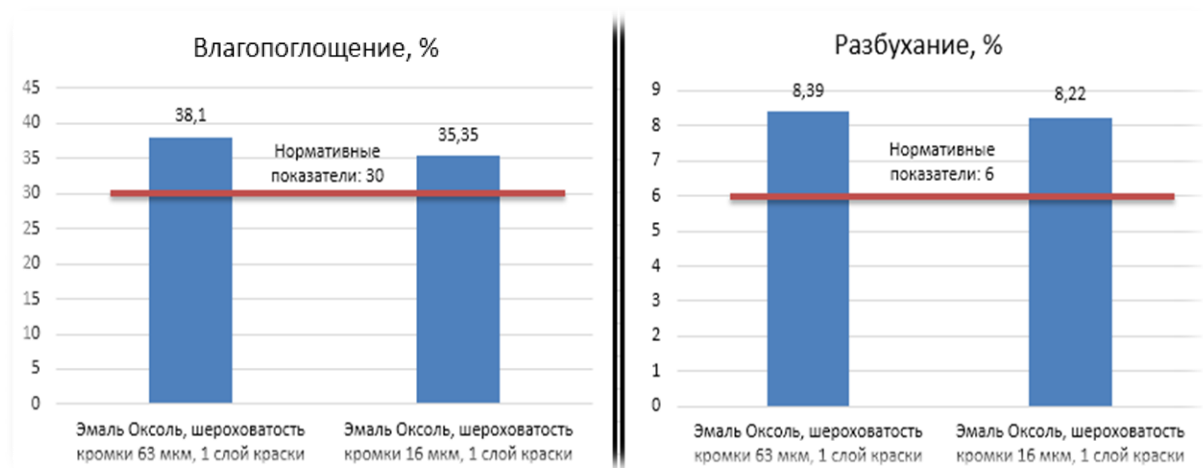


Рис. 1. Результаты исследований влияния шероховатости поверхности кромки фанеры на величину влагопоглощения и разбухания

Анализируя результаты экспериментальных исследований, можно утверждать, что шероховатость незначительно влияет на разбухание, которое уменьшилось на 0,17 % за счет снижения шероховатости с Rm max = 63 мкм до Rm max = 16 мкм, но уменьшает показатель влагопоглощения на 2,75 %. Отсюда можно сделать вывод, что операция шлифования будет целесообразна, если требуется снизить показатель влагопоглощения.

При проведении многочисленных классических экспериментов с такими лакокрасочными материалами, как акриловая водно-дисперсионная эмаль и парафиновая эмульсия, которые на данный момент использовались на предприятии, было выявлено, что парафиновая эмульсия имеет минимальные показатели по влагопоглощению и разбуханию в отличие от эмали, но покрытие не затвердевает при выдержке образцов в течение двух недель, что делает кромку маркой и непригодной для использования данной продукции.

Было принято решение о проведении эксперимента по смешиванию двух материалов для защиты кромок большеформатной фанеры с удовлетворяющими показателями по влагопоглощению и разбуханию, при этом минимизировались замена оборудования и изменения в технологическом процессе.

Область варьирования количества вводимой парафиновой эмульсии составила от 10 до 50 %. Введение парафиновой эмульсии от 10 до 40 % не давало ощутимых результатов по влагопоглощению и разбуханию. Введение более 50 % приводило к тому, что увеличивалось время сушки лакокрасочной композиции. Отверждение было достигнуто при смешивании парафиновой эмульсии и эмали в соотношении 50/50 %. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 2.



Рис. 2. Результат исследований влияния различных лакокрасочных материалов на величину влагопоглощения и разбухания

Экспериментальные исследования по лакокрасочным материалам и композиции показали, что парафиновая эмульсия имеет удовлетворительные показатели по влагопоглощению и разбуханию, но не обеспечивает отверждения пленки. Отверждение было достигнуто за счет смешивания акриловой водно-дисперсионной эмали и парафиновой эмульсии. Влагопоглощение и разбухание при этом было ниже, чем у парафиновой эмульсии, отдельно взятой, и составило соответственно 9,34 и 3,81 %.

Итак, при обработке кромок большеформатных фанерных плит операцией шлифования незначительно уменьшается уровень разбухания, но уменьшается уровень влагопоглощения за счет снижения шероховатости, поэтому рекомендовано внедрение операции шлифования кромок до  $R_m \max = 16 \text{ мкм}$ .

При смешивании акриловой эмали и парафиновой эмульсии в соотношении 50 на 50 % достигается отверждение покрытия, увеличиваются его защитные показатели и значительно уменьшается влагопоглощение и разбухание кромок большеформатных фанерных плит, поэтому рекомендовано применение лакокрасочной композиции на комбинате ООО «Свеза Уральский» для отделки кромок.

При использовании лакокрасочной композиции снижается расход основного лакокрасочного материала, что позволит значительно уменьшить себестоимость отделки кромок.

## Список источников

1. Васенкова Е. Н. Порошковые краски. М. : Журнал ЛКМ, 1998. С. 63–64.
2. Онегин В. И. Формирование лакокрасочных покрытий древесины. Л. : Химия, 1983. С. 39–40.

## References

1. Vasenkova E. N. Powder paints. Moscow : LKM Zhurnal LLP, 1998. P. 63–64.
2. Onegin V. I. Formation of paint and varnish coatings of wood. Leningrad : Chemistry, 1983. P. 39–40.

Научная статья

УДК 674.02+674.0

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Наталья Александровна Тарбеева<sup>1</sup>, Ольга Анатольевна Рублева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Вятский государственный университет, Киров, Россия

<sup>1</sup> nataly.ntar534@yandex.ru

<sup>2</sup> olga\_ru@vyatsu.ru

**Аннотация.** Для повышения эффективности переработки древесины актуальна задача разработки новых технологий переработки древесных отходов. Процесс разработки технологии требует комплексного подхода. В статье представлена комплексная методика разработки технологии переработки древесных отходов, основанная на принципе жизненного цикла технологии как продукта, включающая подробное описание каждого этапа.

**Ключевые слова:** технология, этапы разработки, комплексный подход, древесные отходы

**Для цитирования:** Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Комплексная методика разработки технологии переработки древесных отходов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 67–72.

Scientific article

## INTEGRATED APPROACH TO DESIGN TECHNOLOGIES FOR WOOD WASTE PROCESSING

Natalya A. Tarbeeva, Olga A. Rubleva<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Vyatka State University, Kirov, Russia

<sup>1</sup> nataly.ntar534@yandex.ru

<sup>2</sup> olga\_ru@vyatsu.ru

**Abstract.** To improve the efficiency of wood processing, the task of developing new technologies for processing wood waste is relevant. The technology development process requires an integrated approach. The article presents a comprehensive methodology for the development of wood waste processing technology, based on the principle of the life cycle of technology as a product, including a detailed description of each stage.

**Keywords:** technology, development stages, integrated approach, wood waste

***For citation:*** Tarbeeva N. A., Rubleva O. A. Integrated methodology for the development of wood waste processing technology // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 67–72.

В России ежегодно заготавливается более 200 млн м<sup>3</sup> древесины, и можно отметить общие тенденции по увеличению годового объема заготовок [1]. Вместе с тем все более остро ощущается проблема эффективной и глубокой переработки заготовленной древесины, включая переработку низколиквидного сырья и древесных отходов [2]. Согласно Стратегии развития лесного комплекса до 2030 года, именно процессы глубокой переработки древесного сырья поставлены в приоритет [3]. В этих условиях задачи по разработке новых и совершенствованию существующих технологий переработки древесных отходов приобретают особую актуальность.

В случае необходимости разработки новой технологии, в том числе технологии переработки древесных отходов, встает вопрос о методике разработки, так как задача разработки любой технологии является многоэтапной и многоаспектной и от качества выполнения проектных работ в дальнейшем будет зависеть не только качество продукции, но и технико-экономические показатели производства. Упростить процесс разработки новых технологий позволяет использование общих методов и подходов к проектированию, которые содержат обобщенную информацию об этапах разработки [4, 5]. В их основу заложены принципы жизненного цикла технологии как продукта. Анализируя их, можно выделить 4 укрупненных этапа:

- 1) определение и анализ исходных данных;
- 2) составление технического задания;
- 3) разработка технологии;
- 4) апробация технологии, ее корректировка и внедрение в производство.

Несмотря на то, что общие подходы к разработке технологий подразумевают принцип комплексности, они не содержат в себе подробной детализации работ по каждому этапу и не раскрывают отдельные нюансы изготовления того или иного вида продукции. В свою очередь, технологии переработки древесных отходов требуют детальной проработки, так как, во-первых, качество сырья во многом не соответствует требованиям к качеству готовой продукции и в процессе обработки нуждается в значительном улучшении, а во-вторых, процессы переработки древесных отходов должны быть экономически оправданны. В этой связи целью настоящей работы является детализация комплексной методики разработки технологии на примере технологии изготовления продукции из древесных отходов.

Предварительным этапом проектных работ традиционно является анализ исходных данных: общей ситуации в стране и мире, тенденций в экономике и в отрасли, настроений общества и направлений его развития.

При разработке технологии переработки древесных отходов необходим анализ:

- 1) общих тенденций развития экономики страны;
- 2) тенденций развития деревообрабатывающей отрасли;
- 3) нормативных документов, регламентирующих деятельность предприятий в области переработки древесных отходов.

Еще одной важной задачей здесь является оценка ресурсного потенциала. В данном случае это оценка объемов образующихся древесных отходов (по фракциям и по этапам образования) и анализ существующих направлений их переработки. Кроме анализа экономической ситуации и оценки объемов ресурсов, на начальном этапе также необходимо проведение маркетинговых исследований с целью установления видов продукции из древесины, на которые отмечается повышенный спрос. Так, например, в последнее время с развитием тренда на экологичность и здоровый образ жизни наблюдается повышенный спрос на отделочные и облицовочные материалы из древесины [6, 7]. Соответственно, технология изготовления облицовочных изделий из древесных отходов, обеспечивающая экологичность продукции, будет являться востребованной. Системный анализ существующей ситуации на начальном этапе разработки технологии позволит выявить актуальные проблемы в сфере переработки древесных отходов и наметить дальнейшие пути их решений.

Вторым этапом разработки технологии является составление технического задания. Главным условием при составлении технического задания является максимально подробное и грамотное формулирование проектной задачи, обоснование необходимости ее решения. На данном этапе должны быть решены следующие вопросы:

- 1) осуществлен выбор конкретного изделия, для которого будет разрабатываться технология, и вида используемого сырья;
- 2) произведен аналитический обзор аналогов, в том числе патентный поиск;
- 3) установлены требования к изделию и технологии;
- 4) определены тип будущего производства и примерная программа выпуска изделий;
- 5) обозначены экономические характеристики технологии;
- 6) определены сроки выполнения проектных работ. Данный этап соответствует стадии гипотезы или планирования, на котором закладываются основные идеи, предположения и пожелания будущих потребителей.

Третьим и основным этапом проектирования технологии является непосредственно ее разработка. Этап включает проведение разведывательных и планируемых экспериментов, подтверждающих выдвинутую гипотезу; разработку схемы техпроцесса и определение оптимальных режимов обработки (теоретическими и экспериментальными методами); выбор оборудования; при

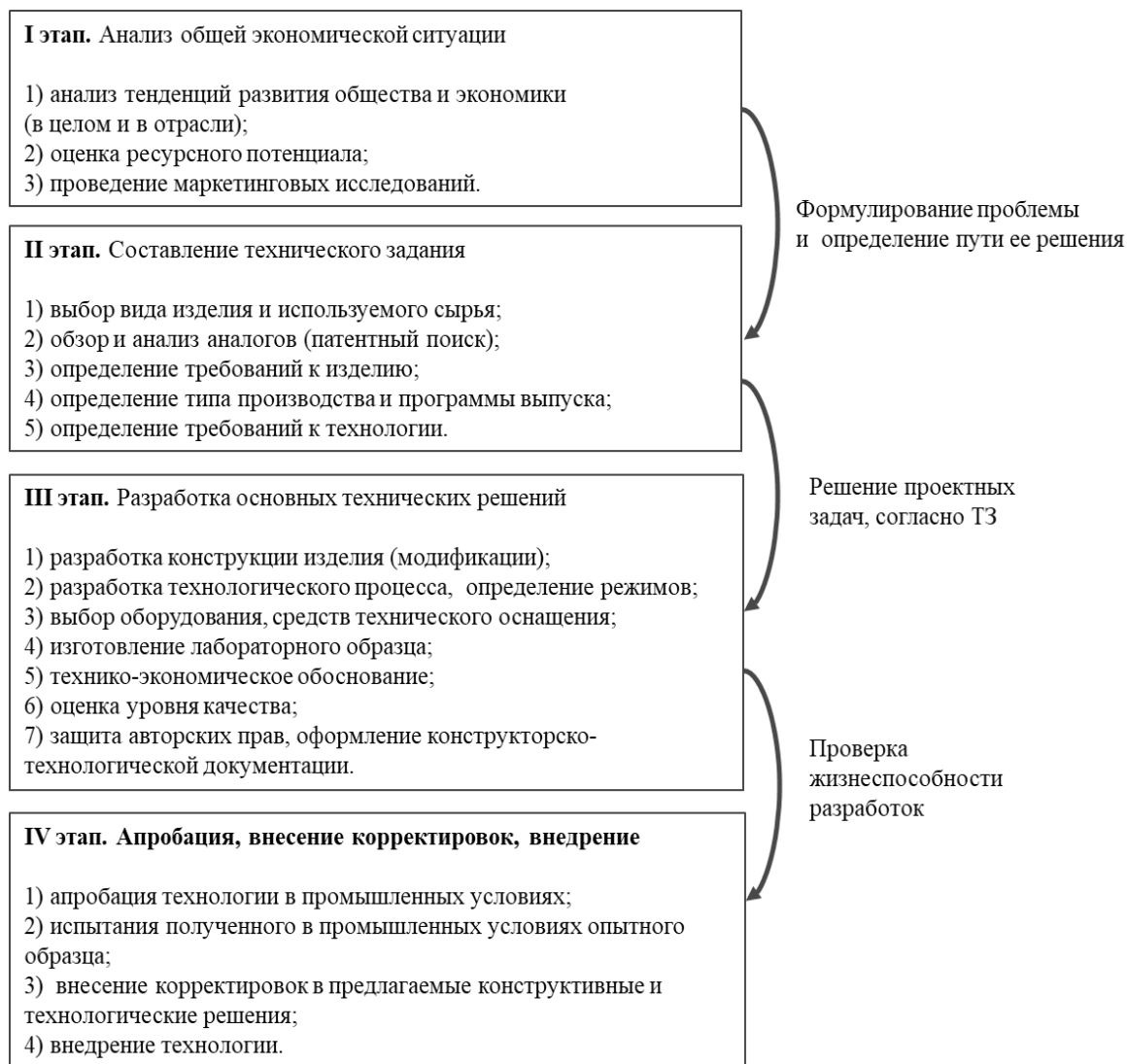
необходимости разработку и изготовление средств технического оснащения; изготовление опытного (лабораторного) образца; технико-экономическое обоснование предлагаемых решений, в том числе квалиметрическую оценку уровня качества продукции. Именно на этом этапе должны учитываться размерно-качественные характеристики древесных отходов, особенности их механической обработки. Здесь также могут быть решены вопросы строительства для реализации технологии нового отдельного предприятия или встраивания технологии в уже существующие производства дополнительным потоком. Поскольку древесные отходы являются побочным продуктом при заготовке и переработке древесины, соответственно, более рациональна их переработка по месту образования без дополнительных длительных и затратных перемещений. В идеальном случае технологии переработки древесных отходов должны встраиваться в основной технологический процесс деревообрабатывающих производств и использовать уже имеющееся технологическое оборудование. Это позволит повысить коэффициент использования материалов, увеличить интенсивность использования технологических средств, сократить затраты на внедрение технологии и тем самым снизить себестоимость продукции. По завершении данного этапа может быть сформирован комплект конструкторско-технологической документации с присвоением документам литеры «Э» или «Т»; зарегистрированы результаты интеллектуальной деятельности.

Заключительный этап разработки технологии предполагает ее апробацию, внесение необходимых корректировок и внедрение в производство. На данном этапе технология проходит проверку на жизнеспособность в промышленных условиях. В случае необходимости вносятся изменения в режимы обработки, в конструкцию изделия или оснастки, схему технологического процесса. Этап апробации и внедрения может занимать по сравнению с предыдущими достаточно продолжительный промежуток времени. Схематично описанная выше методика представлена на рисунке.

Дальнейшим этапом жизненного цикла технологии является ее сопровождение на производстве, которое включает обучение и консультирование работников, диагностику и регулирование заявленных параметров технологии и анализ качества продукции в течение определенного срока на конкретном предприятии.

Разработанная схематизация проектирования технологии позволяет комплексно подойти к процессу разработки новой технологии, в том числе технологии переработки древесных отходов, так как учитывает не только технические, но и экономические аспекты проектных работ. Ее использование будет способствовать принятию более обоснованных технологических решений и сокращению времени внедрения новых технологий в производство.





Структура комплексной методики разработки технологии переработки древесных отходов

## Список источников

1. Динамика лесозаготовки и тенденции // Морские вести России. URL: <https://morvesti.ru/themes/1694/94061/> (дата обращения 25.05.2023).

2. Шварц Н. Глубокая переработка древесины: в ожидании государственных инициатив // ЛПК Сибири. 2017. №. 7. URL: <https://lpk-sibiri.ru/lpk-forest-industry/glubokaya-pererabotka-drevesiny-v-ozhidanii-gosudarstvennyh-initsiativ/> (дата обращения 28.05.2023).

3. Распоряжение Правительства РФ от 20 сентября 2018 г. № 1989-р «О Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 г.» // Гарант.Ру: информационно-правовой портал. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71960006/> (дата обращения: 15.05.2023).

4. Этапы проектирования // Волс.Эксперт. URL: <https://vols.expert/useful-information/etapy-proektirovaniya/> (дата обращения 26.05.2023).

5. Цикл разработки и его этапы // Edison. URL: [https://www.edsd.ru/ru/principy/cikl\\_razrabotki\\_po](https://www.edsd.ru/ru/principy/cikl_razrabotki_po) (дата обращения: 26.05.2023).

6. Тарбеева Н. А., Рублева О. А. Анализ процессов декорирования и упрочнения заготовок из низколиквидной древесины для изготовления отделочных материалов // Общество. Наука. Инновации (НПК-2021). 2021. С. 654–660.

7. Черутова М. И., Цикул А. В. Роль деревообрабатывающих предприятий в обеспечении экологичности продукции для жилищного строительства // Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития. 2018. С. 363–369.

## References

1. Dynamics of logging and trends // Morskije Vesti Rossii. URL: <https://morvesti.ru/themes/1694/94061/> (accessed 25.05.2023).

2. Shvarts N. Deep processing of wood: in anticipation of state initiatives // LPC of Siberia. 2017. no. 7. URL: <https://lpc-sibiri.ru/lpc-forest-industry/glubokaya-pererabotka-drevesiny-v-ozhidanii-gosudarstvennyh-initsiativ/> (accessed 28.05.2023).

3. Decree of the Government of the Russian Federation of September 20, 2018 No. 1989-r On the Strategy for the Development of the Forest Complex of the Russian Federation until 2030 // Garant.Ru: information and legal portal. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71960006/> (accessed 15.05.2023).

4. Design stages // Vols.Expert. URL: <https://vols.expert/useful-information/etapy-proektirovaniya/> (accessed 26.05.2023).

5. Development cycle and its stages // Edison. URL: [https://www.edsd.ru/ru/principy/cikl\\_razrabotki\\_po](https://www.edsd.ru/ru/principy/cikl_razrabotki_po) (accessed 26.05.2023).

6. Tarbeeva N. A., Rubleva O. A. Analysis of the processes of decoration and hardening of blanks from low-liquid wood for the manufacture of finishing materials // Society. The science. Innovations (NPK-2021). 2021. P. 654–660.

7. Cherutova M. I., Tsikul A. V. The role of woodworking enterprises in ensuring the environmental friendliness of products for housing construction // Problems of economics and construction management in conditions of environmentally oriented development. 2018. P. 363–369.

Научная статья  
УДК 674.2

## ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

**Олег Николаевич Чернышев<sup>1</sup>, Денис Олегович Чернышев<sup>2</sup>, Елена Семеновна Синегубова<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> chernyshevon@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> chernyshevdo@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> sinegubovaes@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Рассмотрен вопрос по использованию 3D-технологий в деревообработке. Перечислены преимущества, возможности использования 3D-технологий и необходимые соответствующие инструменты. Рассказано о станках с ЧПУ, об использовании популярных САД-программ для деревообработки. Отмечено, что цифровая обработка дерева помогает добиться максимальной эффективности в деревообрабатывающем производстве.

**Ключевые слова:** деревообработка, 3D-технологии, станки с числовым программным управлением, САД-программы, эффективность, конкуренция

**Для цитирования:** Чернышев О. Н., Чернышев Д. О., Синегубова Е. С. Преимущества использования 3D-технологий в деревообработке // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 73–79.

Scientific article

## ADVANTAGES OF USING 3D TECHNOLOGIES IN WOODWORKING

**Oleg N. Chernyshev<sup>1</sup>, Denis O. Chernyshev<sup>2</sup>, Elena S. Sinegubova<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> chernyshevon@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> chernyshevdo@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> sinegubovaes@m.usfeu.ru

**Abstract.** The issue of using 3D technologies in the woodworking is considered. The advantages, possibilities of using 3D technologies and the necessary appropriate tools are listed. The article refers to CNC machines. Much attention is given to using popular CAD programs for woodworking. It is noted that digital wood processing helps to achieve maximum efficiency in woodworking.

**Keywords:** woodworking, 3D technologies, CNC machines, CADprograms, efficiency, competition

**For citation:** Chernyshev O. N., Chernyshev D. O., Sinegubova E. S. Advantages of using 3D technologies in woodworking // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 73–79.

В настоящее время в различных производственных сферах и областях наблюдается активное использование 3D-технологий. Еще совсем недавно, чтобы создать какой-нибудь дизайн-проект или деталь, требовались люди, которые разрабатывали и чертили от руки отдельные элементы будущих изделий. Компьютерное моделирование дает возможность создавать трехмерную объемную модель любого проекта или сооружения, позволяет увидеть проектируемую конструкцию или деталь со всех ее сторон. На основе новой технологии возможно создать как копии существующей детали, так и воплотить в жизнь совершенно новые и творческие проекты.

Одной из областей, где 3D-технологии могут найти самое широкое применение, является производство мебельных изделий.

В области деревообработки инновационные решения, основанные на использовании трехмерных технологий, позволяют ускорить процесс изготовления деталей, уменьшить расходы на материалы, а главное – повысить качество готовой продукции. Добиться максимальной эффективности в деревообрабатывающем производстве позволяет цифровая обработка дерева, т. е. создание различных конструкций и мебели с использованием станков с ЧПУ. Процесс проектирования и изготовления деталей усовершенствовали 3D-принтеры, сборочные роботы, различные лазерные резаки и т. д., позволяющие оптимизировать ресурсы, повысить точность изготавливаемого изделия и усилить контроль над процессом деревообработки.

Рассмотрим подробнее, какие преимущества дает использование 3D-технологий в деревообработке, а также какие инструменты для этого применяются.

1. Возможность создания более точных и детализированных чертежей, которые можно использовать для обработки материалов современными станками (ЧПУ) и роботизированными системами.

2. Сокращение времени на разработку новых изделий и снижение количества отходов материала в процессе производства.

3. Повышение безопасности труда.

Разработка интерактивных симуляционных моделей позволит тренировать работников в виртуальной среде и сократить риски в процессе эксплуатации станков и оборудования.

В целом 3D-технологии предоставляют широкие возможности для оптимизации процессов деревообработки, повышения производительности и снижения затрат. Более точные и детализированные модели, современное

оборудование и улучшенная аналитика позволяют производить высококачественные изделия в кратчайшие сроки и при минимальных затратах.

Кроме того, 3D-моделирование и проектирование позволяют разработать более функциональные и комфортабельные мебельные элементы.

Возможности 3D-технологий в деревообработке не ограничиваются только производством мебели. Также их применение может быть эффективным и в строительстве. Благодаря 3D-моделированию можно создать более точные и детальные проекты зданий и сооружений, что позволит снизить количество ошибок и несоответствий в процессе строительства (рис. 1).



Рис. 1. Деревянный дом из бруса, из бревна – Д`АртСтрой

Кроме того, 3D-технологии могут применяться и в создании украшений и декоративных элементов домашнего интерьера (рис .2).



Рис. 2. Создание интерьера с использованием 3D-технологий

Современные станки с ЧПУ (числовым программным управлением) – это высокотехнологичное оборудование, которое используется для изготовления мебели и других изделий из дерева [1]. Это различные фрезерные станки и роботизированные системы, обеспечивающие высокую точность обработки деталей и позволяющие изготавливать мебель высокого качества за более короткий промежуток времени. Данные станки упрощают процесс отрисовки (получение изображения по модели с помощью компьютерной программы), позволяют быстро и точно резать древесину, производя готовые к сборке детали (рис. 3).

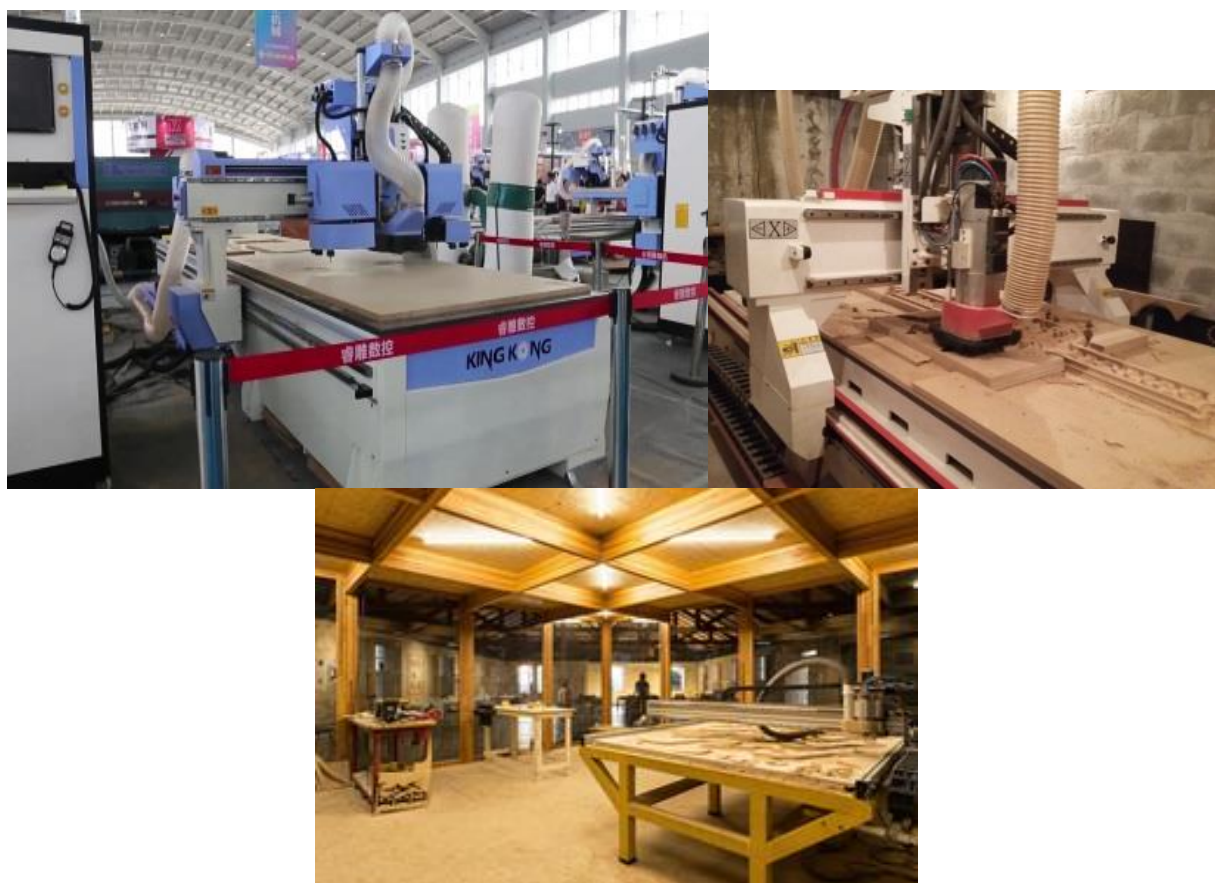


Рис. 3. Современные фрезерные станки с ЧПУ

Главными преимуществами ЧПУ-станков для деревообработки являются их высокая точность и качество обработки материала [2]; быстрая скорость обработки деталей, что существенно сокращает время изготовления изделий; возможность обработки материалов самых разных размеров и форм; автоматическая резка и обработка деталей по заданным программам.

В зависимости от типа станка можно выполнять различные операции, такие как резка, фрезерование, сверление, вырезание и др. Также многие станки имеют дополнительные функции, например смену инструментов и автоматическую настройку режимов обработки.

Применение данных станков для деревообработки можно увидеть в различных сферах и областях, например при изготовлении мебели, оконных и дверных блоков, лестниц и других элементов интерьера. Благодаря высокой производительности и качеству обработки, такие станки становятся все более популярными среди производителей мебели и других изделий из дерева.

Для использования 3D-технологий в деревообработке необходимы и соответствующие инструменты. Основными специализированными инструментами являются САD-программы, использующиеся для проектирования и моделирования различных изделий из дерева [3]. Данные программы позволяют инженерам и дизайнерам создавать и модифицировать чертежи и различные трехмерные модели деревянных изделий перед их производством.

Перечислим самые популярные САD-программы для деревообработки.

## 1. SketchUp.

Одна из самых простых и понятных программ для проектирования мебели, дверей, окон, архитектурных элементов и органических объектов. Может использоваться как для двухмерного черчения, так и для трехмерного моделирования, а также имеет обширную библиотеку 2D- и 3D-компонентов.

## 2. SolidWorks.

Позволяет создавать сложные 3D-модели, которые могут быть использованы для создания детальных чертежей.

## 3. AutoCAD.

Данная программа является стандартом для черчения во многих инженерных и производственных отраслях. Используется для создания 2D- и 3D-моделей деревянных изделий и имеет большую библиотеку символов и элементов.

## 4. Cabinet Vision.

Специализированная САD-программа для проектирования высококачественной мебели, включающей элементы интарсии, шпонирования и настенные панели. Позволяет проектировать как с нуля, так и на основе готовых стандартных модулей.

## 5. Mastercam.

САD-программа для проектирования деревянных пресс-форм, шаблонов и других устройств, используемых в производстве деталей из дерева. Имеет большое количество функций, которые позволяют создавать точные и сложные модели из дерева.

## 6. Alphacam.

Программа, нацеленная на создание инструкций для станков с числовым программным управлением (CNC), таких как фрезерные станки, режущие плоттеры и лазерные граверы. Используется для различных операций, включая резание, фрезерование, резьбу и лазерную гравировку.

## Основные функции САД-программ для деревообработки

### 1. Создание чертежей и 3D-моделей.

Программы позволяют создавать различные виды чертежей и моделей, включая двухмерные чертежи, трехмерные модели и анимационные видеоролики.

### 2. Использование встроенных библиотек.

Многие САД-программы для деревообработки содержат библиотеки стандартных деталей и элементов, которые можно использовать при проектировании деревянных изделий.

### 3. Визуализация и анализ.

САД-программы позволяют визуализировать модели в различных ракурсах и производить анализ модели на прочность, устойчивость и технические параметры.

### 4. Интеграция с другими программами.

САД-программы для деревообработки могут интегрироваться с другими программами, специализированными для расчета стоимости материалов, планирования производства, а также с программами автоматизации производства для управления электронными станками для деревообработки.

В целом САД-программы для деревообработки значительно упрощают и ускоряют процесс проектирования и изготовления изделий из дерева, а также повышают точность и качество конечного продукта. Они позволяют дизайнерам и инженерам сфокусироваться на креативном процессе, не теряя времени на ручную подготовку чертежей и трехмерных моделей.

В заключение хочется сказать, что использование 3D-технологий в деревообрабатывающей промышленности дает хорошую возможность для создания более точных и качественных изделий, проектирования сложных конструкций, уменьшения числа ошибок в производстве, а также открывает новые перспективы для развития деревообрабатывающей отрасли, что позволяет ей конкурировать на мировых рынках с самыми передовыми производителями.

## Список источников

1. Глебов И. Т. Обработка древесины на станке с ЧПУ : учебное пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. 130 с.

2. Глебов И. Т. Обработка древесины на станке с ЧПУ. 2-е изд., стер. СПб. : Лань, 2023. 140 с.

3. Газеев М. В., Ветошкин Ю. И., Бунаков П. Ю. Основы конструирования мебели : учебное пособие. Изд. 4-е, перераб. и доп. Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. 330 с.



## References

1. Glebov I. T. Wood processing on a CNC machine: a tutorial. Yekaterinburg: UGLTU, 2019. 130 p.
2. Glebov I. T. Wood processing on a CNC machine. 2nd ed., ster. St. Petersburg: Lan, 2023. 140 p.
3. Gazeev M. V., Vetoshkin Yu. I., Bunakov P. Yu. Fundamentals of furniture design: a tutorial. Ed. 4th, revised. and additional. Yekaterinburg : USFEU, 2021. 330 p.

Научная статья  
УДК 624.011.1

## НАПОЛНИТЕЛИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА КЛЕЕВЫХ СИСТЕМ

**Олег Николаевич Чернышев<sup>1</sup>, Елена Семеновна Синегубова<sup>2</sup>, Самал Муратбековна Иржигитова<sup>3</sup>, Александра Андреевна Артюшина<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> chernyshevon@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> sinegubovaes@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> irzhigitova99@inbox.ru

<sup>4</sup> artyushina.alex@mail.ru

**Аннотация.** В статье описано влияние различных наполнителей на свойства адгезивных систем, в том числе фенолрезорциноловых смол. Установлена эффективность использования специального порошка в составе резорцино-формальдегидных клеевых систем при изготовлении клеевых деревянных конструкций. Для получения порошка использовались измельченные кусковые обрезки фанеры.

**Ключевые слова:** клеевая система с наполнителями, клеи, прочность склеивания, усадка, внутренние напряжения при отверждении, резорцино-формальдегидная клеевая система, отходы при резке фанеры

**Для цитирования:** Наполнители и их влияние на свойства клеевых систем / О. Н. Чернышев, Е. С. Синегубова, С. М. Иржигитова, А. А. Артюшина // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 80–84.

Scientific article

## FILLERS AND THEIR INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF ADHESIVE SYSTEMS

**Oleg N. Chernyshev<sup>1</sup>, Elena S. Sinegubova<sup>2</sup>, Samal M. Irzhigitova<sup>3</sup>, Alexandra A. Artyushina<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> chernyshevon@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> sinegubovaes@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> irzhigitova99@inbox.ru

<sup>4</sup> artyushina.alex@mail.ru

**Abstract.** The article describes the effect of various fillers on the adhesive systems properties, including phenol-resorcinol resins. The potency and power of using a special powder in the composition of resorcin-formaldehyde adhesive systems in the manufacture of glued wooden structures has been established. Crushed lumpy plywood scraps were used to obtain the powder.

**Keywords:** fillers adhesive system, adhesives, bonding strength, shrinkage, internal stresses during curing, resorcin-formaldehyde adhesive system, the waste when cutting plywood

**For citation:** Fillers and their influence on the properties of adhesive systems / O. N. Chernyshev, E. S. Sinegubova, S. M. Irzhigitova, A. A. Artyushina // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 80–84.

Наполнителями для полимерных композиционных материалов могут служить практически все существующие в природе и созданные человеком материалы, в том числе и сами полимеры, после придания им определенной формы или размеров: в виде сфер, порошков с нерегулярной формой частиц, чешуек, волокон и т. п., распределенных различным образом и в различных соотношениях с полимерной матрицей.

Наполнители вводят в состав клея для придания ему новых физико-механических и технологических свойств. Для наполнения резорциновых клеев используются твердые дисперсные материалы, различные по форме, структуре, природе, свойствам поверхности и способу получения [1].

Много исследований посвящено вопросам выбора наполнителей и влияния их на свойства клеев и клеевых соединений. Для наполнения клеев используется широкий ряд твердых дисперсных материалов органического и минерального происхождения: древесная мука, целлюлоза, крахмал, мука из скорлупы орехов и фруктовых косточек, каолин, тальк, мел, асбест, графит и др. При этом регулируется вязкость клея, изменяется величина модуля упругости, усадки клея, глубина его проникновения в древесину, достигается равномерное распределение напряжений в клеевом слое и уменьшается влияние изменения толщины клеевого слоя на прочность клеевого соединения.

Наилучшими условиями для получения наполненного полимера с оптимальными физико-механическими свойствами является взаимодействие поверхности наполнителя с полимерными молекулами с образованием химических связей. Гидроксильные группы, содержащиеся на поверхностях минеральных наполнителей, могут вступать в реакции с компонентами резорциновых смол.

Большая роль в формировании свойств наполненных полимеров отводится водородным связям, возникающим между поверхностью наполнителя и полимером, что приводит к ограничению подвижности отдельных участков полимерной цепи, которые препятствуют деформируемости клеевого шва.

При введении в адгезив наполнителя на прочность склеивания могут оказывать влияние следующие факторы: адсорбция на поверхности наполнителя низкомолекулярных фракций адгезива; вытеснение на границу раздела адгезив – субстрат низкомолекулярных или ограниченно совместимых с полимером фракций; уменьшение эффективной толщины клеевого слоя; структурирование полимера; снижение внутренних напряжений или более равномерное распределение их в клеевых слоях; увеличение скорости термоокислительных процессов в полимере в зоне адгезионного контакта; способность адгезива смачивать частицы наполнителя, которая зависит от характера взаимодействия полимерной среды с активными центрами поверхности твердой фазы.

Снижение внутренних напряжений при введении в клей наполнителя достигается за счет возникновения вокруг отдельных частиц наполнителя местных внутренних напряжений, направленных в разные стороны. Это приводит к тому, что суммарные напряжения будут ослаблены. Кроме того, обладая большой свободной поверхностью, наполнители вступают в контакт с функциональными группами полимеров. При этом появляются силы адгезии, обеспечивающие прочное соединение зерен наполнителя с полимером.

Анализ данных о характере структурообразования в полимерах в присутствии наполнителей различной химической природы и состава поверхности свидетельствует о том, что наполнитель может проявлять активность или быть инертным. Понятие «активный наполнитель» относительно, так как, улучшая какое-либо одно свойство клея, он может ухудшать другие его свойства.

Упрочнение полимеров вызывается развитием коагуляционных сетчаточечечечных структур, образованных сцеплением частиц наполнителя через тонкие прослойки смолы между ними [2]. Решающее значение при этом имеет дисперсность наполнителя, которая определяет число возможных контактов вторичной структуры, количество полимера, переведенного в адсорбционное ориентированное состояние, а также толщину упрочненных стенок полимера на поверхности наполнителя.

Необходимо учитывать следующие факторы, влияющие на свойства клеевых систем – химическую природу полимера и наполнителя, фазовое состояние полимера, его адгезию к поверхности, условия формирования системы, характер обработки поверхности наполнителя и его распределение в массе, когезионную прочность системы, способность надмолекулярного структурообразования, вероятность образования межчастичных контактов и т. д. [3].

В нашей стране в качестве эффективного наполнителя, снижающего усадку и повышающего прочность клеевых слоев, можно выделить гидролизный лигнин. Добавка лигнина в алкилрезорциновый клей повышает прочность клеевых соединений на 10–12 % и снижает усадку примерно в 1,6 раза. Большим достоинством клея, наполненного лигнином, является то,

что он хорошо заполняет неровности, вызванные погрешностями при фрезеровании пиломатериалов из-за изношенности некоторых станков и дефектов режущего инструмента. К недостаткам применения можно отнести уменьшение жизнеспособности клея примерно в 2–2,5 раза.

Большой интерес представляет введение в качестве наполнителя для фенолорезорциновых клеев жидкого тиокола НВБ-2, положительно влияющего на адгезионные и когезионные свойства клеев. Применение данного наполнителя значительно увеличивает вязкость и стоимость клея. Следует также отметить высокую дефицитность тиокола.

Особый интерес представляют исследования, направленные на изучение влияния древесной муки на свойства фенолоформальдегидных и фенолорезорциновых смол, а также клеевых соединений на их основе. Установлено, что при введении наполнителя рост внутренних напряжений в клеевом слое замедляется в 3–7 раз и появляется возможность использовать наполненные клеи в условиях утолщенных клеевых слоев [4].

Древесная мука распределяется в клее менее равномерно, чем минеральные наполнители. Введение древесной муки свыше 5 % ведет к значительному повышению вязкости и снижению жизнеспособности наполненного клея.

В зарубежной практике для наполнения резорциновых и фенолорезорциновых клеев используют асбест и муку из скорлупы грецких орехов. Данные клеевые системы могут быть применены для изготовления конструкций из нефрезерованных досок, при склеивании которых образуются участки с утолщенными клеевыми слоями (0,5–1,6 мм). Однако мука из скорлупы орехов дефицитна, ее получение связано с большими трудозатратами, что ведет к удорожанию клея, а применение асбеста ведет к резкому повышению вязкости клея и снижению износостойкости режущего инструмента.

Процесс наполнения резорциновых смол изучен недостаточно и требует проведения дополнительных исследований.

Учитывая это обстоятельство, в УГЛТУ на кафедре МОД проведен поиск эффективных наполнителей для уменьшения усадки и внутренних напряжений при отверждении резорцино-формальдегидных клеевых систем. При изготовлении фанеры выгруженную из клеильного пресса продукцию охлаждают и затем обрезают. Обрезка кромок фанеры необходима для выравнивания кромок, которые должны быть прямолинейными, без бахромы. Должны быть также обеспечены прямоугльность углов и правильные размеры сторон листов с отклонением не более  $\pm 4-5$  мм. Данную операцию выполняют на круглопильных станках, имеющих от одной до четырех пил. Количество отходов, образующихся при обрезке фанеры, составляет 4–6 % от сырья, или 10–12 % объема чистообрезной продукции. Количество отходов при переобрезе листов – 1–4 % объема фанеры [5].

В результате предложено вводить в клей порошок, получаемый путем измельчения кусковых отходов, образующихся при обрезке фанеры.

Предварительными экспериментами установлена возможность применения данного наполнителя в составе резорцино-формальдегидных клеевых систем для склеивания ламелей при изготовлении клеевых деревянных конструкций.

## Список источников

1. Иржигитова С. М., Яцун И. В., Чернышев О. Н. Влияние наполнителей на свойства клеев при изготовлении клеевых деревянных конструкций // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XIX Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2023. С. 412–416.
2. Ковальчук Л. М. Производство деревянных клеевых конструкций. М. : Лесная промышленность, 1979. 216 с.
3. Лукаш А. А. Технология клеевых материалов. СПб. : Лань, 2014. 144 с.
4. Фрейдин А. С., Гриб А. Е. Синтетические клеи для панельного домостроения и клеевых деревянных конструкций : обзор. информ. М. : ВНИПИ-ЭИлеспром, 1980. 40 с.
5. Справочник по фанерному производству / под ред. Н. В. Качалина ; А. А. Веселов, Л. Г. Галюк, Ю. Г. Доронин [и др.]. М. : Лесная промышленность, 1984. 432 с.

## References

1. Irzhigitova S. M., Yatsun I. V., Chernyshev O. N. Influence of fillers on the properties of adhesives in the manufacture of glued wooden structures // Scientific work of the youth-forest complex of Russia: materials of the XIX All-Russian (national) scientific and technical conference of students and graduate students. Yekaterinburg, 2023. P. 412–416. (in Russ.)
2. Kovalchuk L. M. Production of wooden glued structures. Moscow : Lesnaya promyshlennost', 1979. 216 p.
3. Lukash A. A. Technology of glued materials. St. Petersburg : Lan publishing house, 2014. 144 p.
4. Freidin A. S., Grib A. E. Synthetic adhesives for panel housing construction and glued wooden structures: review information. Moscow : VNIPIEIllesprom, 1980. 40 p.
5. Handbook of plywood production / ed. N. V. Kachalina; A. A. Veselov, L. G. Galyuk, Yu. G. Doronin [et al.]. Moscow : Forest industry, 1984. 432 p.

Научная статья  
УДК 674.093.6.05

## О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОРТИРОВКИ БРЕВЕН ПРИ ПОТОЧНОМ ПИЛЕНИИ НА ДВУХВАЛЬНЫХ КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ ПРОХОДНОГО ТИПА

Александр Викторович Чуваков<sup>1</sup>, Ирина Валерьевна Яцун<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> kristolino1995@yandex.ru

<sup>2</sup> yatsuniv@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Приведены результаты влияния различных способов сортировки пиловочного сырья хвойных пород древесины смешанной распиловки (кроме лиственницы) диаметром от 24 до 40 см, длиной бревна 6 м на объемный выход получаемых обрезных пиломатериалов при распиловке на линии производства ООО «Алтайлестехмаш» (г. Барнаул) на базе двухвального круглопильного станка для распиловки бревен «Алтай СБГ-480» и двухвального круглопильного многопильного станка для распиловки бревен и брусьев Алтай 2Ц16-350 «Белая Акула».

**Ключевые слова:** сортировка пиловочного сырья, двухвальные круглопильные станки, лесопильное оборудование проходного типа, головное лесопильное оборудование, сортировка бревен

**Для цитирования:** Чуваков А. В., Яцун И. В. О целесообразности сортировки бревен при поточном пилении на двухвальных круглопильных станках проходного типа // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 85–92.

Scientific article

## ON THE EXPEDIENCY OF SORTING LOGS WHEN IN-LINE SAWING ON TWO - SHAFT CIRCULAR SAWING MACHINES OF THE THROUGH TYPE

Alexander V. Chuvakov<sup>1</sup>, Irina V. Yatsun<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> kristolino1995@yandex.ru

<sup>2</sup> yatsuniv@m.usfeu.ru

**Abstract.** The article describes the results of the influence of various methods of sorting sawn raw materials of coniferous wood of mixed sawing (except larch)

with a diameter of 24 to 40 cm, a log length of 6 m on the volumetric yield of the resulting edged lumber when sawing on the production line of Altaylestechmash LLC (Barnaul) based on a two-shaft circular saw for sawing logs "Altai SBG-480" and a two-shaft circular saw multi-saw machine for sawing logs and beams Altai 2C16-350 "White Shark".

**Keywords:** sorting of sawn raw materials, double-shaft circular sawing machines, sawmilling equipment of the pass-through type, head sawmilling equipment, sorting of logs

**For citation:** Chuvakov A. V., Yatsun I. V. On the feasibility of sorting logs during in-line sawing on twin-shaft circular saws of the through-type type // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 85–92.

Двухвальные круглопильные станки проходного типа нашли широкое применение при распиловке пиловочного сырья малых и средних диаметров. Использование этого типа головного оборудования предпочтительно на предприятиях средней и большой мощности с объемом переработки сырья соответственно от 30 до 100 тыс. м<sup>3</sup>/год и более 100 тыс. м<sup>3</sup>/год.

Применение двухвальных круглопильных станков проходного типа позволяет уменьшить толщину пил, так как каждый рез производится двумя круглыми пилами, имеющими меньшие диаметры [1]. Это оборудование проще в обслуживании, так как трущиеся элементы (ремни, подшипники и пр.) изнашиваются медленнее.

Недостаток применения двухвального пиления состоит в том, что необходимо строго следить за подбором в пару пил с одной шириной зубчатого венца и соблюдать их установку в одну плоскость. Несоблюдение этих условий приводит к образованию «ступеньки» на пласти доски, заметной на глаз и ухудшающей ее геометрию и качество [1].

В настоящее время на рынке представлен широкий спектр разнообразного двухвального лесопильного оборудования и комплексных линий с межстаночной механизацией не только зарубежных, но и отечественных производителей, таких как ООО «Алтайлестехмаш» (г. Барнаул), ООО «Техпромсервис» (г. Вологда), ООО «Экодрев-машинери» (г. Москва) и др.

Основным способом двухвального пиления на многопильных круглопильных станках проходного типа является групповой раскрой с реализацией схемы раскроя распиловка с брусковкой. Процесс получения пилопродукции разделен на два этапа: раскрой бревна и раскрой двухкантного бруса.

Как известно, для повышения объемного выхода пилопродукции при групповых способах раскроя сырье, поступающее в цех, должно быть рассортировано по диаметрам. Для проверки влияния дробности сортировки бревен на объемный выход обрезного пиломатериала были составлены и произведены расчеты поставок с учетом того, что в каждую размерную группу входили:



- по варианту 1 – каждый четный диаметр бревен;
- по варианту 2 – два четных диаметра бревен;
- по варианту 3 – три четных диаметра бревен.

Составление и расчет поставов производились в соответствии с [2]. При расчетах были учтены следующие технические характеристики оборудования:

- максимальное число пил, устанавливаемое на шпинделе станка;
- минимальный и максимальный диаметры распиливаемых бревен;
- максимальная толщина распиливаемого двухкантного бруса;
- толщина пропила.

В качестве распиливаемого сырья приняты круглые лесоматериалы хвойных пород смешанной распиловки (кроме лиственницы) ГОСТ 9463–2016 [3] диаметром от 24 до 40 см, длиной бревна 6 м, сбеги – 1 см/м.

Оборудованием для получения пилопродукции выбрана лесопильная линия производства ООО «Алтайлестехмаш» (г. Барнаул) с объемом переработки сырья при 8-часовом рабочем дне до 35 тыс. м<sup>3</sup>/год. В качестве головного оборудования в линии установлен двухвальный круглопильный станок для распиловки бревен «Алтай СБГ-480» с гусеничной подачей, а для распиловки двухкантного бруса – двухвальный круглопильный многопильный станок Алтай 2Ц16-350 «Белая Акула». Технические характеристики оборудования приведены в [4, 5]. Выбор данного оборудования обусловлен сравнительно невысокой стоимостью в данном сегменте ценового рынка лесопильного оборудования и достаточно высокой производительностью для предприятий средней мощности.

Результаты расчета объемного выхода обрезных пиломатериалов при раскросе бревен по варианту 1 приведены в табл. 1 и на рис. 1.

*Таблица 1*

Результаты расчета объемного выхода обрезных пиломатериалов при раскросе бревен по варианту 1

Номер группы	Диаметр бревна, см	Постав	Объемный выход, %	Средний объемный выход, %
1	24	1×175; 2×25/2×50; 2×25; 4×19	58,3	62,0
2	26	1×175; 4×19/3×50; 2×25; 2×19	60,0	
3	28	1×200; 4×19/3×50; 2×25; 2×19	60,0	
4	30	1×200; 2×25; 2×19/4×50; 2×25; 2×19	62,0	
5	32	1×200; 2×25; 2×19/4×50; 2×25; 2×19	63,2	
6	34	1×200; 2×32; 2×25/5×50; 2×25; 2×19	63,7	
7	36	1×200; 2×32; 2×25/5×50; 2×25; 2×19	64,2	
8	38	1×200; 2×32; 2×25/5×50; 4×25	63,5	
9	40	1×200; 4×32/6×50; 2×25	63,9	

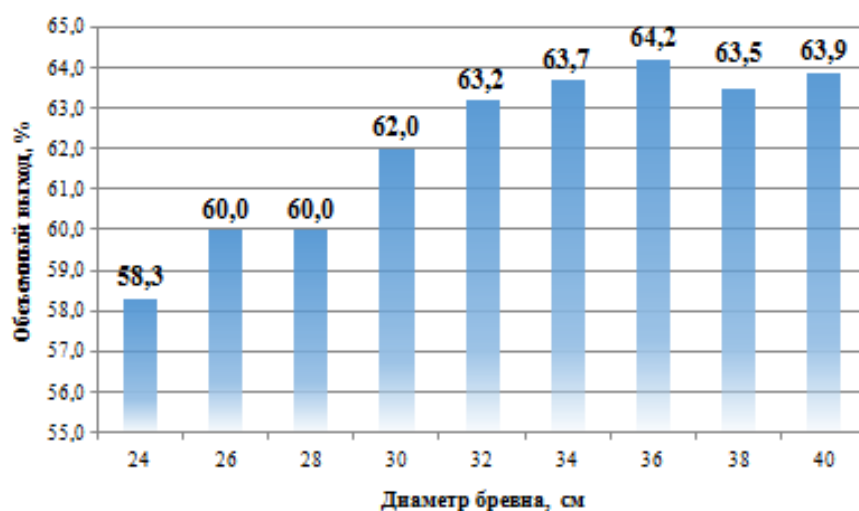


Рис. 1. Зависимость объемного выхода обрезных пиломатериалов от диаметра бревна при распиловке бревен по варианту 1

Результаты расчета объемного выхода обрезных пиломатериалов при раскоре бревен по варианту 2 приведены в табл. 2 и на рис. 2. Составление поставов в этой группе производилось по наименьшему диаметру, что обусловлено сохранением длины пиломатериала, выпиленного в параболической зоне бревна.

Таблица 2

Результаты расчета объемного выхода обрезных пиломатериалов при раскоре бревен по варианту 2

Номер группы	Диаметр бревна, см	Постав	Объемный выход, %	Потери, %	Средний объемный выход на группу, %	Средний объемный выход, %
1	24	1×175; 2×25/	58,3	–	56,4	59,5
	26	2×50; 2×25; 4×19	54,3	3,8		
2	26	1×175; 4×19/	60,0	–	57,4	
	28	3×50; 2×25; 2×19	54,8	5,2		
3	28	1×200; 4×19/	60,0	–	57,5	
	30	3×50; 2×25; 2×19	55,0	5,0		
4	30	1×200; 2×25; 2×19/	62,0	–	59,6	
	32	4×50; 2×25; 2×19	57,3	4,7		
5	32	1×200; 2×25; 2×19/	63,2	–	60,8	
	34	4×50; 2×25; 2×19	58,5	4,7		
6	34	1×200; 2×32; 2×25/	63,7	–	61,7	
	36	5×50; 2×25	59,8	3,9		
7	36	1×200; 2×32; 2×25/	64,2	–	61,7	
	38	5×50; 2×25; 2×19	59,3	4,9		
8	38	1×200; 2×32; 2×25/	63,5	–	61,2	
	40	5×50; 4×25	58,9	4,6		

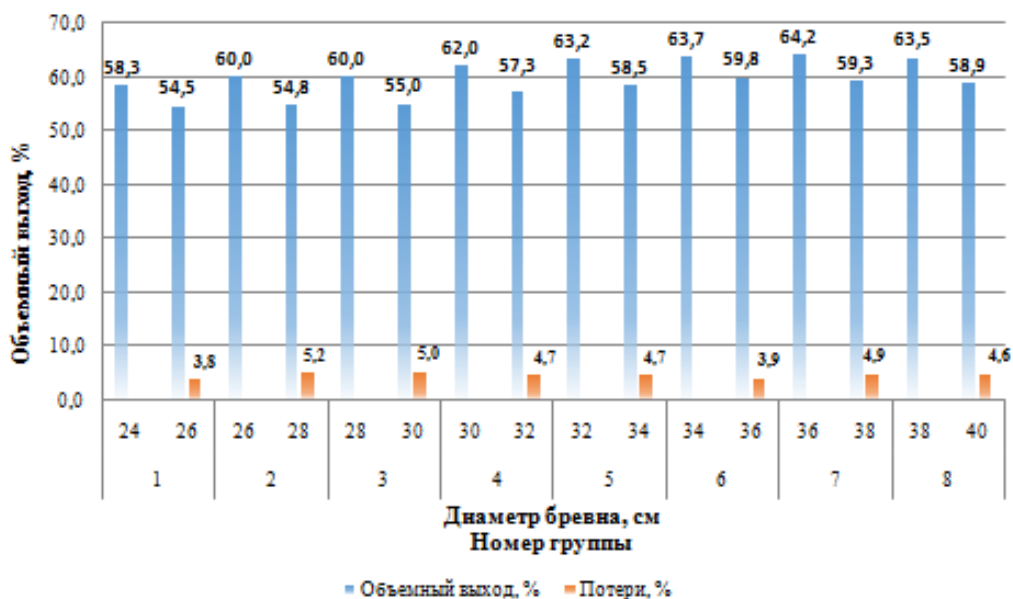


Рис. 2. Зависимость объемного выхода обрезных пиломатериалов от диаметра бревна при распиловке бревен по варианту 2

Результаты расчета объемного выхода обрезных пиломатериалов при раскросе бревен по варианту 3 приведены в табл. 3 и на рис. 3. Составление поставов производилось по среднему диаметру в группе.

Таблица 3

Результаты расчета раскроса пиловочного сырья на обрезные пиломатериалы по варианту 3

Номер группы	Диаметр бревна, см	Постав	Объемный выход, %	Потери, %	Средний объемный выход на группу, %	Средний объемный выход, %
1	24	1×175; 4×19/ 3×50; 2×25; 2×19	58,9	1,1	57,6	59,8
	26		60,0	–		
	28		54,8	5,2		
2	28	1×200; 2×25; 2×19 / 3×50; 2×25; 2×19	57,4	4,6	58,9	
	30		62,0	–		
	32		57,3	4,7		
3	32	1×200; 2×32; 2×19/ 5×50; 2×25	59,4	4,3	60,9	
	34		63,7	–		
	36		59,8	3,9		
4	36	1×200; 2×32; 2×19/ 5×50; 4×25	62,3	1,2	61,5	
	38		63,5	–		
	40		58,9	4,6		

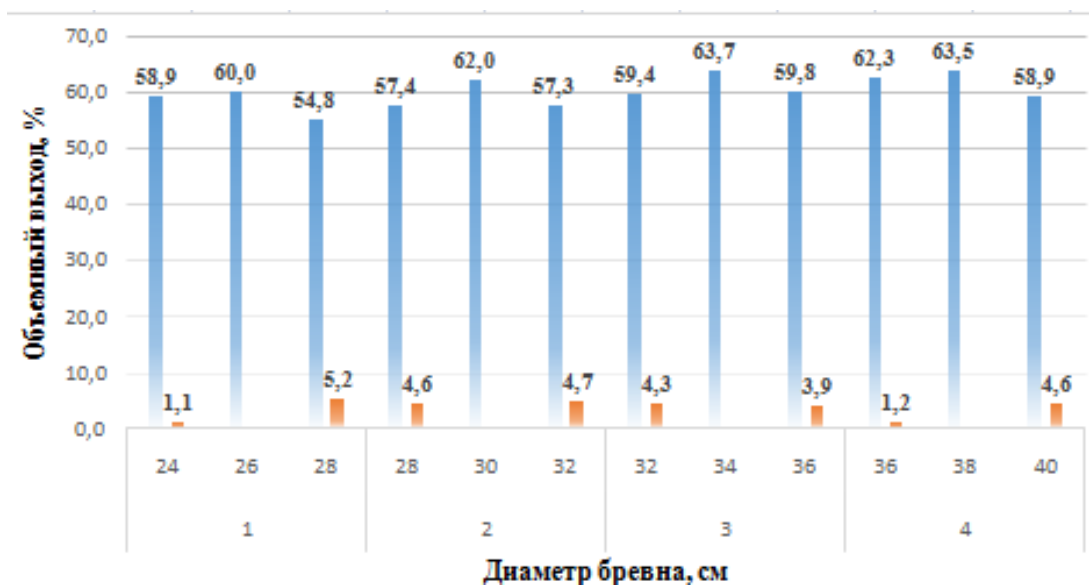


Рис. 3. Зависимость объемного выхода обрезных пиломатериалов от диаметра бревна при распиловке бревен по варианту 3

На рис. 4 представлен сравнительный анализ средних объемных выходов обрезного пиломатериала при раскросе бревен по различным вариантам сортировки пиловочного сырья.

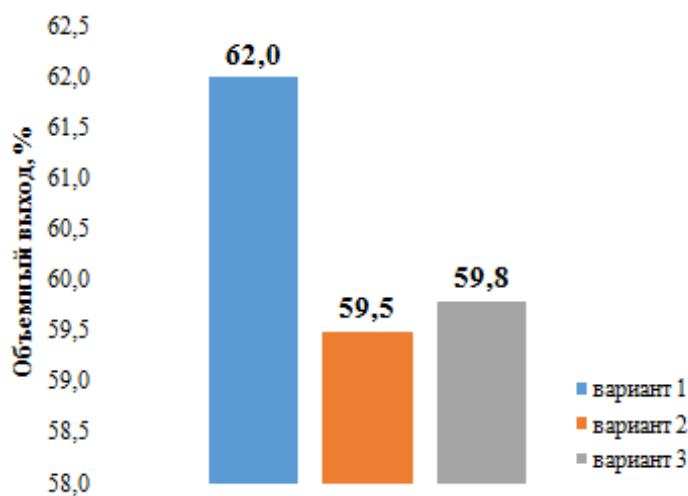


Рис. 4. Сравнительный анализ средних объемных выходов обрезного пиломатериала по различным вариантам сортировки пиловочного сырья

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. При сортировке пиловочного сырья по варианту 1 с увеличением диаметра бревна от 24 до 36 см прослеживается тенденция роста объемного выхода пиломатериалов, а у бревен диаметрами от 36 до 40 см наблюдается небольшой спад этого показателя. Предположительно это обусловлено ограничением толщины выпиленного двухкантного бруса (200 мм) по техническим возможностям используемого бревнопильного оборудования.

2. При сортировке пиловочного сырья по варианту 2 прослеживается тенденция уменьшения объемного выхода пилопродукции у бревен больших диаметров в группе. Потери колеблются в пределах от 3,8 до 5,2 %.

3. При сортировке пиловочного сырья по варианту 3 потери в объемном выходе относительно бревна среднего диаметра группы колеблются в пределах от 1,1 до 5,2 %.

4. Полученные средние величины объемных выходов обрезных пиломатериалов показывают, что сортировка бревен по варианту 1 по каждому четному диаметру позволяет увеличить объемный выход в среднем на 2,2–2,5 % по сравнению с таковым у других рассмотренных способов сортировки. При условии, что производственная мощность лесопильного цеха составляет порядка 35 тыс. м<sup>3</sup>/год, это будет составлять около 770–875 м<sup>3</sup> обрезного пиломатериала в год.

## Список источников

1. Чуваков А. В., Яцун И. В. Обзор круглопильных станков для распиловки бревен и брусьев // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XIX Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2023. С. 483–487.

2. Уласовец В. Г. Технологические основы производства пиломатериалов : учебное пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т., 2002. 510 с.

3. ГОСТ 9463–2016. Лесоматериалы хвойные хвойных пород. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2016. 7 с.

4. Станок для распиловки бревен СБГ-480 с гусеничной подачей // Алтайлестехмаш : офиц. портал. URL: <https://pilorama-altay.ru/catalog/promyshlennye-brevnopilnye-stanki-belaya-akula/s-gusenichnoi-podachei-sbg/> (дата обращения: 20.05.2023).

5. Двухвальный многопильный станок Алтай 2Ц16-350 «Белая Акула» // ТПК ООО «Техпромконтракт» : офиц. портал. URL: <https://t-p-c.ru/products/dvuhvalniy-mnogopilniy-standok-altay-2c16-350-belaya-akula/> (дата обращения: 20.05.2023).

## References

1. Chuvakov A. V. Yatsun I. V. Review of circular saws for sawing logs and beams // Scientific work of youth - the forest complex of Russia. Materials of the XIX All-Russian (National) Scientific and Technical Conference of Students and Postgraduates. Yekaterinburg, 2023. P. 483–487. (in Russ.)

2. Ulasovets VG Tekhnologicheskie osnovy proizvodstva pilomaterialov : textbook. Yekaterinburg : Ural. state forest engineering un-t, 2002. 510 p.

3. GOST 9463-2016 Coniferous timber timber. Technical conditions. Moscow : Standartinform, 2016. 7 p.

4. Machine for sawing logs SBG-480 with caterpillar feed // Altailestehmash : official portal. URL: <https://pilorama-altay.ru/catalog/promyshlennyye-brevnopilnye-stanki-belaya-akula/s-gusenichnoi-podachei-sbg/> (accessed 20.05.2023).

5. Two-shaft multi-saw machine Altai 2Ts16-350 "White Shark" // ТПК ООО "Техпромконтракт": official portal. URL: <https://t-p-c.ru/products/dvuhvalniy-mnogopilniy-stanok-altay-2c16-350-belaya-akula/> (accessed 20.05.2023).

Научная статья  
УДК 006.74

## РАЗВИТИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ И ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

**Александр Валентинович Шустов**

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург,  
Россия  
al.v.shustov@mail.ru

**Анотация.** Рассмотрены новая современная классификация и кодирование промышленной продукции, технологий и оборудования для деревообработки.

**Ключевые слова:** продукция, деревообработка, классификатор продукции, стандартизация продукции

**Для цитирования:** Шустов А. В. Развитие классификации продукции в деревообработке и лесном комплексе // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 93–95.

Scientific article

## DEVELOPMENT OF PRODUCT CLASSIFICATION IN WOOD PROCESSING AND FOREST COMPLEX

**Alexander V. Shustov**

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia  
al.v.shustov@mail.ru

**Abstract.** The new modern classification and coding of industrial products, technologies and equipment for woodworking are considered.

**Keywords:** Products, woodworking, product classifier, product standardization

**For citation:** Shustov A. V. Development of product classification in woodworking and timber industry // Woodworking: technologies, equipment, management of the 21st century. 2023. P. 93–95.

Вопросы повышения качества и безопасности продукции деревообработки в XXI веке на базе технического регулирования, стандартизации, сертификации и метрологии постоянно рассматриваются в трудах Международного евразийского симпозиума [1, 2].

В рыночной экономике возрастает роль кодирования и классификации промышленной продукции, которые являются основой стандартизации.

В Российской Федерации в настоящее время действуют десятки общероссийских классификаторов, принятых Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Госстандарт России) и прошедших государственную регистрацию. Они представлены в Общероссийском классификаторе информации об общероссийских классификаторах ОК 026–95 (ОКОК). Перечислим некоторые из них: Общероссийский классификатор стандартов (ОКС), Общероссийский классификатор органов государственной власти и управления (ОКОГУ), Общероссийский классификатор специальностей по образованию (ОКСО), Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов (ОКПДТР) и многие другие.

С 1994 г. продукция деревообработки и лесного комплекса описывалась с помощью Общероссийского классификатора продукции (ОКП) ОК 005–93. ОКП имел цифровой шестизначный код, удобный для компьютерной обработки, состоящий из классов, подклассов, групп, подгрупп и видов продукции. Например, код 533131 означает класс 530000 «продукция лесозаготовительной и лесопильно-деревообрабатывающей промышленности», подкласс 533000 «пиломатериалы», группа 533100 «качественные», подгруппа 533130 «для вагоностроения, автостроения и судостроения», вид 533131 «хвойные». Или код 561537 обозначает класс 560000 «мебель», подкласс 561000 «бытовая», группа 561500 «шкафы», подгруппа 561530 «для книг», вид 561537 «стеллажи».

Приказом Росстандарта РФ в 2014 г. введен в действие Общероссийский классификатор (ОКПД2) ОК 034–2014, который был гармонизирован со Статистической классификацией продукции Европейского экономического сообщества 2008 г. Последние изменения в ОК 034–2014 внесены под № 81 1 июля 2023 г. [3]. В классификаторе представлен 21 раздел, имеющий латинские буквенные обозначения, которые в кодировании продукции не участвуют. Виды продукции имеют до девяти цифр десятичного кода.

К области лесного комплекса и деревообработки относятся разделы классификатора А и С. Рассмотрим раздел А – продукция лесоводства, лесного и рыбного хозяйства. В этом разделе код 02 имеет продукция лесоводства, лесозаготовок и связанные с этим услуги. Код 02.20 присвоен материалам необработанным. Более подробная дифференциация продукции в разделе не предусмотрена.

В разделе С представлена продукция обрабатывающих производств. Код 16 – это древесина и изделия из дерева и пробки, кроме мебели, изделия из соломки и материалы для плетения. Лесоматериалы, распиленные и строганные, имеют код 16.1, изделия из дерева, пробки, соломки и материалов для плетения – 16.2.



Код 16.21 – листы для облицовки и плиты многослойные, 16.22 – полы паркетные, 16.23 – изделия деревянные строительные и столярные, 16.24 – тара деревянная. Пятизначный код 16.23.2 – это конструкции сборные деревянные строительные.

Код 17 – бумага и изделия из бумаги. Здесь структура следующая: целлюлоза, бумага и картон имеют код 17.1, изделия из бумаги и картона – 17.2. В этой группе код 17.21 – тара бумажная и картонная, 17.24 – обои, 17.29.1 – изделия из бумаги и картона прочие.

Значительно больше структурированной информации в классификаторе ОКПД2 содержится по мебели под кодом 31. Так, к примеру, код 31.01.1 – это мебель для офисов и предприятий торговли, 31.01.12 – мебель деревянная для офисов. Наиболее полный девятизначный код 31.01.12.130 – шкафы офисные деревянные.

## Заключение

Классификация и кодирование продукции деревообработки и лесного комплекса чрезвычайно важны в условиях ускоренного развития цифровизации экономики при обработке информации о множестве объектов, различающихся существенными признаками, свойствами и элементами.

## Список источников

1. Шустов А. В. Анализ подтверждения соответствия в деревообработке // *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века*. Екатеринбург, 2015. С. 101–104.

2. Шустов А. В. Совершенствование стандартизации и сертификации в деревообработке // *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века*. Екатеринбург, 2018.

3. Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности ОКПД2 (ОК 034–2014). URL: <http://www.aup.ru> (дата обращения: 16.06.2023).

## References

1. Shustov A.V. Analysis of compliance confirmation in woodworking // *Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century*. Yekaterinburg, 2015. P. 101–104. (in Russ.)

2. Shustov A. V. Improving standardization and certification in woodworking // *Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century*. Yekaterinburg, 2018. (in Russ.)

3. All-Russian classifier of products by type of economic activity ОКПД2 (ОК 034–2014). URL: <http://www.aup.ru> (accessed 16.06.2023).

Научная статья  
УДК 630.31

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПТИМИЗАЦИИ ДАВЛЕНИЯ ГИДРОПРИВОДА ПРОТАСКИВАНИЯ ХАРВЕСТЕРА ПО КРИТЕРИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

**Сергей Борисович Якимович**

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург,  
Россия

yakimovichsb@m.usfeu.ru

*Аннотация.* Изложен подход к проведению аудиторных и практических занятий в виде практико-ориентированных на реальных машинах полигона кафедры ТОЛП УГЛТУ. Представлены методика и результаты предварительного промышленного эксперимента по оптимизации давления гидропривода протаскивающих вальцов по критерию производительности.

*Ключевые слова:* промышленный эксперимент, полигон, харвестер, оптимизация, производительность

*Для цитирования:* Якимович С.Б. Экспериментальная оценка оптимизации давления гидропривода протаскивания харвестера по критерию производительности // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 96–101.

Scientific article

## EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE OPTIMIZATION OF THE PRESSURE OF THE HYDRAULIC DRIVE OF THE HARVESTER PULL- ING BY THE CRITERION OF PRODUCTIVITY

**Sergey B. Yakimovich**

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

yakimovichsb@m.usfeu.ru

*Abstract.* The approach to conducting classroom and practical classes in the form of practice-oriented on real machines of the training ground of the department of TOLP USFEU is described. The methodology and results of a preliminary industrial experiment on optimizing the pressure of the hydraulic drive of the pulling rollers according to the productivity criterion are presented.

*Keywords:* industrial experiment, landfill, harvester, optimization, productivity

**For citation:** Yakimovich S. B. Experimental assessment of pressure optimization of the hydraulic drive for pulling through the harvester according to the performance criterion // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 96–101.

С целью подготовки к проведению выездных занятий магистрантов направления подготовки 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», профиль «Инженерное управление в лесопромышленном комплексе», на полигоне кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства был выполнен предварительный эксперимент по оценке и оптимизации параметров протаскивания предмета труда – давления прижима протаскивающих вальцов харвестера «Сильватек» по критерию производительности – в соответствии с рабочей программой дисциплины «Информационные системы в управлении заготовкой и переработкой древесины».

Эксперимент был поставлен 04.04.23 г. в рамках компетенции «Готовность анализировать технологии заготовки и переработки древесины как объекта управления и разрабатывать практические рекомендации повышения эффективности с использованием информационных технологий, включая цифровые» по индикаторам:

знать – наилучшие доступные технологии (способы и процессы, машины и оборудование, предмет труда) заготовки и переработки древесины с высоким качеством;

уметь – обосновывать технологические решения по наилучшим доступным технологиям заготовки и переработки древесины с высоким качеством;

владеть навыком – разработки и апробации практических рекомендаций по наилучшим доступным технологиям заготовки и переработки древесины с высоким качеством. Эксперимент был реализован с использованием подходов [1–3] на следующем оборудовании полигона кафедры с использованием следующих инструментов, материалов, аппаратного и программного обеспечения и методических рекомендаций:

1) валочно-сучкорезно-раскряжевая машина «Сильватек 8266 ТН Слейпнер» (харвестер);

2) сортименты со срединным диаметром 40, 60 см и длиной 4 м;

3) мерная вилка;

4) средства видеофиксации с таймером (смартфон или камера с отсчетом времени с точностью до 0,1 с);

5) ноутбук с MS Office;

7) методические указания;

8) инструкции пользователя, плакаты.

Методика эксперимента включала в себя:

1) прохождение инструктажа по технике безопасности на рабочем месте;

2) изучение конструкции и органов управления харвестера и харвестерного агрегата;

3) изучение назначения функциональных клавиш измерительной системы Tech Measure 1000;

4) а) измерение диаметров сортиментов, оценку заводских настроек давления протаскивающих валцов на измерительной системе Tech Measure 1000 и корректировку под измеренные минимальный и максимальный срединные диаметры (рис. 1);



Рис. 1. Копия экрана заводских настроек давления по линейному закону протаскивающих валцов на измерительной системе Tech Measure 1000

б) выполнение процесса протаскивания 2 сортиментов с тремя срединными диаметрами 20, 40, 60 см и длиной 4 м (не менее трех раз каждый сортимент), видеозапись трех позиций (расположение записывающих гаджетов не менее 15 м от оси протаскивания) – начало харвестерного агрегата с зажатым сортиментом в исходной позиции, середина харвестерного агрегата, конец харвестерного агрегата с выходящим сортиментом в конечной позиции протаскивания, запись времени протаскивания, фиксация времени;

5) а) корректировку настроек давления протаскивающих валцов на измерительной системе Tech Measure 1000 под измеренный минимальный срединный диаметр (рис. 2);

б) выполнение процесса протаскивания трех полухлыстов с тремя срединными диаметрами 20, 40, 60 см и длиной 10 м (не менее трех раз каждый хлыст), видеозапись трех позиций (расположение записывающих гаджетов не менее 15 м от оси протаскивания) – начало харвестерного агрегата с зажатым полухлыстом в исходной позиции, середина харвестерного агрегата, конец харвестерного агрегата с выходящим полухлыстом в конечной позиции протаскивания, запись времени протаскивания, фиксация времени;



Рис. 2. Копия экрана настроек минимального давления протаскивающих валцов на измерительной системе Tech Measure 1000

б) а) корректировку настроек давления протаскивающих валцов на измерительной системе Tech Measure 1000 под измеренный максимальный срединный диаметр (рис. 3);

б) выполнение процесса протаскивания трех полухлыстов с тремя срединными диаметрами 20, 40, 60 см и длиной 10 м (не менее трех раз каждый хлыст), видеозапись трех позиций (расположение записывающих гаджетов не менее 15 м от оси протаскивания) – начало харвестерного агрегата с зажатым полухлыстом в исходной позиции, середина харвестерного агрегата, конец харвестерного агрегата с выходящим полухлыстом в конечной позиции протаскивания, запись времени протаскивания, фиксация времени;



Рис. 3. Копия экрана настроек максимального давления протаскивающих валцов на измерительной системе Tech Measure 1000

7) обработка результатов в форме Excel таблиц (занесение данных, вычисление среднего, коэффициента вариации, ошибки, построение графиков, пример на рис. 4.);

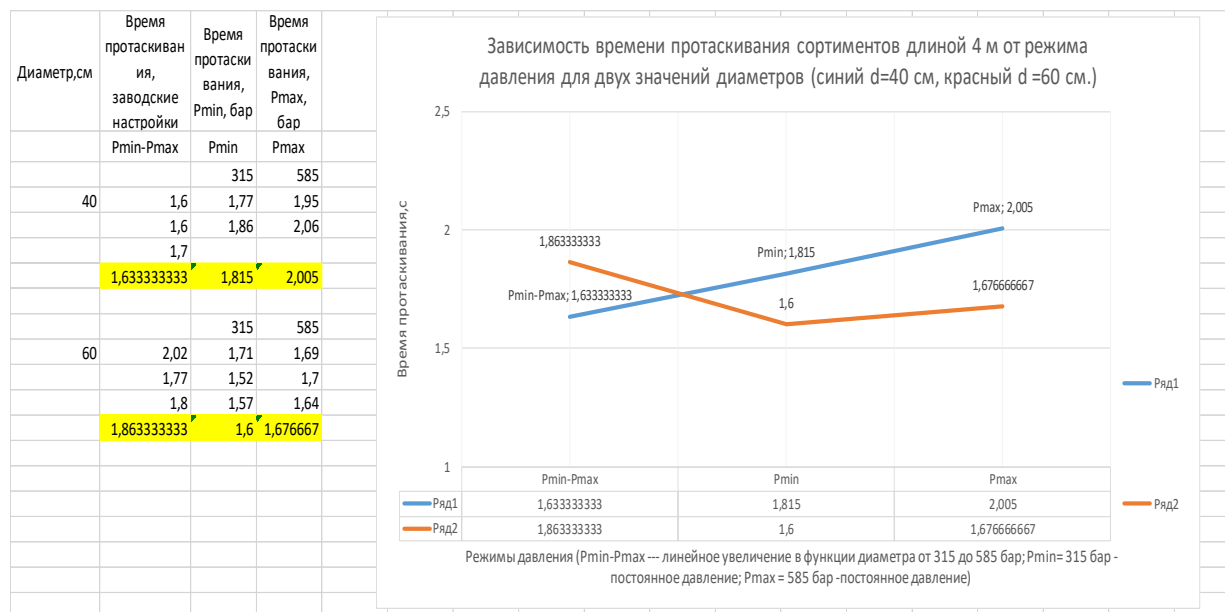


Рис. 4. Копия экрана обработки результатов эксперимента (желтым выделены средние значения по результатам трех повторов)

8) анализ результатов. Например, по результатам эксперимента (см. рис. 4) следуют выводы:

- время протаскивания (производительность переместительной операции) изменяется в зависимости от закона изменения давления вальцов на образующую ствола при протаскивании;
- установлена возможность проведения подобных экспериментов в виде практико-ориентированных занятий на полигоне кафедры;
- имеется экстремум – максимум скорости протаскивания, для поиска которого необходима постановка активного эксперимента.

## Список источников

1. Якимович С. Б. Оптимальное управление процессами лесозаготовок: уравнения состояний // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2003. № 3. С. 149–160. URL: [https:// www.elibrary.ru/item.asp?id=9320028](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9320028) (дата обращения: 31.05.2023).

2. Сравнительный анализ способов заготовки древесины харвестером по критерию производительности и удельной энергоёмкости / С. Б. Якимович [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 4 (79). С. 69–74.

3. Опытнo-промышленная оценка эффективности нового способа заготовки сортиментов / С. Б. Якимович [и др.] // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2013. № 1. С. 192–196.

## References

1. Yakimovich S. B. Optimal control of logging processes: equations of state // Bulletin of the Moscow State Forest University - Forest Bulletin. 2003. No. 3. With. 149–160. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9320028> (accessed 31.05.2023).

2. Comparative analysis of wood harvesting methods with a harvester-rem according to the criterion of productivity and specific energy consumption / S. B. Yakimovich [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2021. No. 4 (79). P. 69–74. (in Russ.)

3. Pilot-industrial assessment of the effectiveness of a new way of harvesting assortments / S. B. Yakimovich [et al.] // Bulletin of the Moscow State Forest University – Forest Bulletin. 2013. No. 1. With. P. 192–196. (in Russ.)

**ДЕРЕВООБРАБОТКА В МАЛОЭТАЖНОМ  
И ИНДУСТРИАЛЬНОМ ДОМОСТРОЕНИИ**

**WOODWORKING IN LOW-RISE  
AND INDUSTRIAL HOUSE-BUILDING**

Научная статья  
УДК 624.011.2

**ГЛИНОЧУРКА – ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ В ДОМОСТРОЕНИИ**

**Юрий Валерьевич Ефимов<sup>1</sup>, Кирилл Вячеславович Мандрыгин<sup>2</sup>, Яро-  
слав Дмитриевич Егоров<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбу-  
бург, Россия

<sup>1</sup> efimovyuv@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> llabepma@mail.ru

<sup>3</sup> egorovyaroslav2002@gmail.com

**Аннотация.** Материал статьи включает в себя оригинальный подход к конструированию, который строится на использовании техники, основанной на поленнице. Этот метод строительства заслуживает внимания, так как он может быть применим благодаря своей низкой себестоимости и доступности сырья.

**Ключевые слова:** технология строительства, дом, древесина, глиночурка

**Для цитирования:** Ефимов Ю. В., Мандрыгин К. В., Егоров Я. Д. Глиночурка – один из вариантов использования древесного сырья в домостроении // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 102–108.

Scientific article

**CORDWOOD – ONE OF THE WAYS TO USE WOOD MATERIALS  
IN HOMEWORKING**

**Yury V. Efimov<sup>1</sup>, Kirill V. Mandrygin<sup>2</sup>, Yaroslav D. Egorov<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Ural State Forestry University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> efimovyuv@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> llabepma@mail.ru

<sup>3</sup> egorovyaroslav2002@gmail.com



**Abstract.** The material of this article includes an original approach to construction based on the use of a technique based on the stack. This method of construction is noteworthy because it can be applied due to its low cost and availability of raw materials.

**Keywords:** construction technology, house, wood, cordwood

**For citation:** Efimov Yu. V., Mandrygin K. V., Egorov Ya. D. Glinochurka is one of the options for the use of wood raw materials in housing construction // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 102–108.

Глиночурка – это уникальная технология строительства, которая заключается в кладке поленьев совместно с глиной для создания прочных инженерных инфраструктур. Этот устойчивый метод строительства был частью русской архитектурной традиции на протяжении веков и доказал свою способность выдерживать самые суровые зимы до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Более того, эти дома не только прочны, но и обеспечивают идеальный микроклимат, оставаясь свежими и прохладными в летние месяцы и комфортными в переходные сезоны [1].

Археологические останки глиночурки, датируемые X в. до н. э., были обнаружены как в Сибири, так и в Греции [2]. Наиболее полное описание о глиняной смеси в строительстве совместно с древесиной дал опытный строитель Роберт Рой [3]. В России также ведутся исследования и разработки в области технологий строительства из глиночурки. Отечественные ученые изобрели и запатентовали новый метод строительства (рис. 1), который требует меньше древесины, что приводит к значительному снижению стоимости строительства [4].

Для строительства дома из глиночурки применяются два основных компонента: раствор и древесина. Для длительного срока эксплуатации необходима высушенная древесина без коры и грибных поражений, которая должна быть легкой и пористой, с минимальным содержанием влаги. Наиболее подходящие породы для этого – ясень, клен, дуб, сосна и лиственница. Чтобы усилить конструкцию, можно обработать древесину вакуумно-термическим способом, что обеспечит ее дополнительную прочность и продлит срок службы за счет устранения сахаров. Однако это увеличит стоимость готовой продукции примерно в 3 раза.

В таблице приведены основные виды растворов, которые могут применяться для возведения стен домов из чурок. Стоит учесть, что опилки должны быть замочены во избежание трещин в растворе.

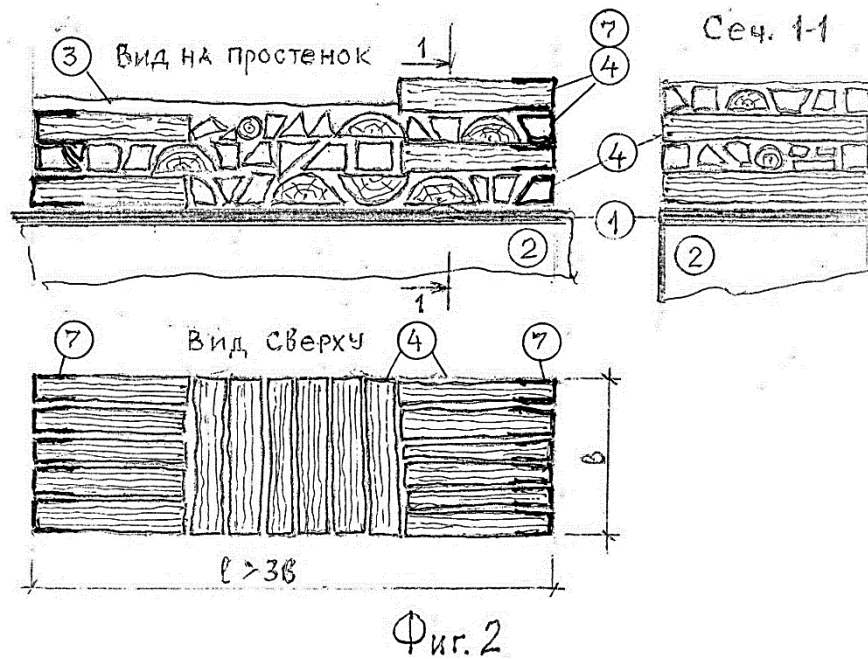


Рис. 1. Схема укладка поленницы по патенту

## Основные виды растворов для строительства стен из древесной чурки

Растворы	Соотношение компонентов		
	Глина	Песок	Солома мелкая, камыш
Глиняный армированный	1	0,5	1,5–2
Глиняный обыкновенный	1	0,5	Опилки 1,5
Цементный армированный	Цемент 1	3	Солома мелкая, камыш 4–5
Цементный обыкновенный	1	3	Опилки, щепа 4–5
Цементный на шлаке	1 + 0,5 извести	3	Шлак 3–4
Цементный облегченный	1 + 0,5 извести	–	4–5

Существуют разные способы укладки поленниц при строительстве. В основном используется ленточный способ, который состоит из укладки поленницы в ленты и заливки раствора между древесиной. Ленты при этом должны быть шириной 10–15 см, а полость между ними заполняется природным утеплителем по типу соломы, опилок и т. п. (рис. 2). Ширина стенок варьируется от 40 до 60 см в зависимости от климатических условий.



Рис. 2. Ленточный способ укладки раствора

По конструкции несущих стен строительные сооружения из глиночурки могут быть опорные и безопорные. В опорном способе используется брус или плотная кладка мелкого бруса на углах дома для увеличения жесткости конструкции (рис. 3) [3].



Рис. 3. Опорный способ укладки раствора

В безопорном опоры заменяют сами стены, но при этом конструкция должна обладать круглой формой (рис. 4) [2].

Глиночурки могут быть фундаментные и бесфундаментные. Фундаментные используются в холодных климатических поясах земли, где действие тектонических плит минимально, это позволяет увеличить срок службы дома. Бесфундаментные используются в теплых климатических поясах земли. При этом фундаментная технология дороже бесфундаментной на 20–50 %.



Рис. 4. Конструкция круглой формы

В качестве расчета объема поленницы из древесной чурки можно использовать значение коэффициента полндревесности из ГОСТ 3243–88 [5].

Для определения примерной стоимости возведения сооружения из глиночурки были проведены строительный и экономический расчеты дома для условий Свердловской области. Проектируемая планировка представлена на рис. 5.

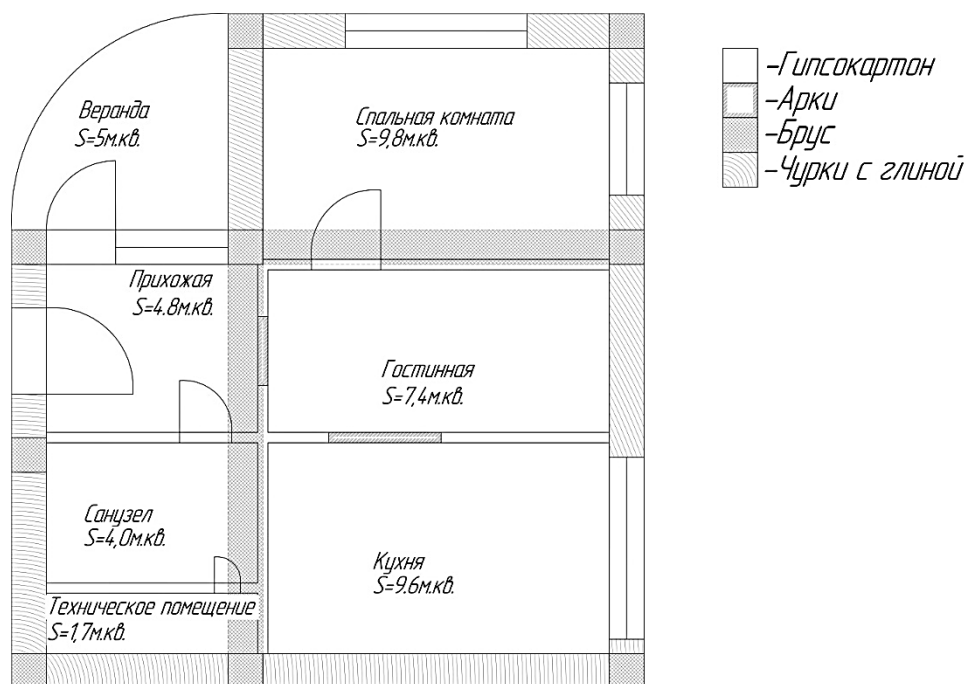


Рис. 5. Проектируемая планировка дома

### *Некоторые особенности расчетов*

1. Для Свердловской области предпочтительнее использование глиняного обыкновенного раствора, так как преобладают глиняные почвы и песчаные залежи возле рек и озер.

2. Опилки для данной смеси будут получены благодаря пилению кругляка нужного размера.

3. Стены сделаны только из кругляка без применения колотых вариантов.

4. Стоимость формируется без учета подвода всех коммуникаций.

5. Фундамент был подобран исходя из ГОСТ Р 57361–2016 [6].

В наших расчетных значениях площадь жилых помещений составила: жилое помещение – 34 м<sup>2</sup>; прихожая – 4,8 м<sup>2</sup>; санузел – 4,0 м<sup>2</sup>; техническое помещение – 1,7 м<sup>2</sup>; кухня – 9,6 м<sup>2</sup>; гостиная – 7,4 м<sup>2</sup>; спальная комната – 9,8 м<sup>2</sup>.

Расчет количества материалов:

• кубатура бруса:  $0,4 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 3 \text{ м} \cdot 9 \text{ шт} = 4,32 \text{ м}^3$ .

• кубатура чурок:  $29 \text{ м}^3 \cdot 0,72 = 20,88 \text{ м}^3$ .

• кубатура глиняной смеси:  $29 \text{ м}^3 - 20,88 \text{ м}^3 = 8,12 \text{ м}^3$ .

• площадь фундамента: 55,8 м<sup>2</sup>.

• глубина фундамента: 1800 мм.

• высота потолков: 2850 мм.

• общая кубатура стен:  $11,44 \text{ м}^3 \cdot 3 = 34,32 \text{ м}^3$ .

• кубатура стен без учета окон и дверей:

$34,32 \text{ м}^3 - 2 (1,3 \text{ м} \cdot 1,4 \cdot 0,4) - 2(1,4 \cdot 2,1 \cdot 0,4) - (2 \cdot 0,8 \cdot 0,4) = 29 \text{ м}^3$ .

• кубатура бруса:

$(0,4 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 3 \text{ м} \cdot 9 \text{ шт}) + (0,4 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 4,8 \text{ м}) + (0,4 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 5,3 \text{ м}) = 6 \text{ м}^3$ .

• гипсокартон: 2 м<sup>3</sup>.

Цены:

• кругляк тонкомер (для стен): 3000 руб. · 21 м<sup>3</sup> = 63000 руб.

• глина и ее компоненты (песок 2 м<sup>3</sup>) = 2400 руб.

• клееный брус размером 400 · 400 · 6000 мм: 8800 руб. · 7 шт = 61600 руб.

• окна и стеклянная дверь: от 40500 руб.

• дверь входная: 15000 руб.

• бетон М200 (с доставкой и заливкой): 3150 р. · 55,8 · 0,5 = 87885 руб.

• крыша (под ключ): 89845 руб.

• гипсокартон с древесной опорной конструкцией 6 м<sup>3</sup> = 32320 руб.

• Итого: 361 390 руб.

*Примечание.* Данные стоимости приведены на декабрь 2022 г.

Выводы по ценовому расчету. За 361 390 руб. можно построить дом в черновой отделке, в то же время модульный дом с такой жилой площадью в черновой отделке будет стоит примерно 815 000 руб. Разница составила более чем 2 раза.

В итоге можно отметить, что данный способ строительства экономичный, оригинальный и не изученный в должной мере. Исходя из этого, возникает возможность создания и исследования новых растворов, применения новых способов обработки древесины от грибковых поражений и короедов.

## Список источников

1. Ануфриев Н. В., Максимцев Д. С., Шатрова С. А. Экологическое строительство из глиночурки// Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты : сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей /Центр социально-экономических исследований. Пермь. 2017. С. 8–9.
2. Roy, Rob (1980), Cordwood masonry houses, Sterling Publishing Co., Inc.: NY.
3. Cordwood building: a comprehensive guide to the state of the art / Rob Roy. Fully revised second edition. 2016. 263 p.
4. Патент № 2580670 Российская Федерация, МПК E04B 2/84 (2006.01). Глинобитно-древесная стена; № 2015100626/03; заявл. 12.01.2015; опубл. 10.04.2016 / Куприянов Е. И., Малофеев Е. Д.
5. ГОСТ 3243–88. Дрова. Технические условия. М. : Изд-во стандартов, 2004. 7 с.
6. ГОСТ Р 57361–2016. Фундаменты зданий. Теплотехнический расчет. URL: <https://docs.chtd.ru> (дата обращения: 25.05.2023).

## References

1. Anufriev N. V., Maksimtsev D. S., Shatrova S. A. Ecological building from clay// Development of modern science: theoretical and applied aspects : Collection of articles of students, undergraduates, graduate students, young scientists and teachers. Center for Socio-Economic Research. Permian, 2017. P. 8–9. (in Russ.)
2. Roy, Rob (1980), Cordwood masonry houses, Sterling Publishing Co., Inc.: NY.
3. Cordwood building: a comprehensive guide to the state of the art / Rob Roy. Fully revised second edition. 2016. 263 p.
4. Patent № 2580670 Russian Federation. IPC U04V 2/84 (2006.01). Mud-wood wall : No. 2015100626/03 : Appl. 12.01.2015 : publ. 10.04.2016 / E. I. Kupriyanov, E. D. Malafeev.
5. GOST 3243–88. Firewood. Specifications. Moscow : Publishing house of standards, 2004. 7 p.
6. GOST R 57361–2016. National standard of the Russian Federation. Foundations of buildings. Thermal calculation. URL: <https://docs.chtd.ru> (accessed 25.05.2023).

Научная статья  
УДК 693.546

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО 3D-ПРИНТЕРА

**Владимир Геннадьевич Новоселов<sup>1</sup>, Мариамна Павловна Лошкарева<sup>2</sup>**  
<sup>1, 2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> novoselovvg@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> loshkareva.mariamna@mail.ru

**Аннотация.** Предложено моделировать работу строительного 3D-принтера порталного типа на базе фрезерно-копировального станка. На основе электронных чертежей поперечных разрезов здания сгенерирована управляющая программа, эмулирующая движение экструдера принтера. Определено время возведения стен здания.

**Ключевые слова:** строительство, 3D-печать, порталный принтер, моделирование.

**Благодарности:** работа выполнена в рамках исполнения госбюджетной темы кафедры МОД.

**Для цитирования:** Новоселов В. Г., Лошкарева М. П. Моделирование работы строительного 3D-принтера // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 109–113.

Scientific article

## SIMULATION OF CONSTRUCTION 3D PRINTER OPERATION

**Vladimir G. Novoselov<sup>1</sup>, Mariamna P. Loshkareva<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> novoselovvg@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> loshkareva.mariamna@mail.ru

**Abstract.** It is proposed to simulate the operation of a portal-type 3D construction printer based on a milling-copying machine. Based on the electronic drawings of the transverse sections of the building, a control program is generated that emulates the movement of the printer extruder. The time of building walls erection is determined.

**Keywords:** construction, 3D printing, portal printer, modeling

**Acknowledgment:** the work was carried out within the framework of the implementation of the state budgetary theme of Department of mechanical wood-working.

**For citation:** Novoselov V. G., Loshkareva M. P. Modeling the work of a construction 3D printer // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 109–113.

В статье\* показана целесообразность 3D-печати малоэтажных домов из древесно-минеральных композиционных материалов типа арболита, ксилолита или опилкобетона.

Основным способом 3D-печати большинства строительных принтеров является метод послойного экструдирования. Суть данного метода заключается в том, что 3D-машина имеет рабочее «сопло», или экструдер, выдавливающий быстротвердеющую бетонную смесь, в которую включаются различные добавки, улучшающие тем или иным способом характеристики будущей конструкции. Каждый очередной слой выдавливается 3D-принтером поверх предыдущего, благодаря чему формируется определенная конструкция. Метод послойного экструдирования подразумевает использование нескольких видов конструкции 3D-принтеров: в виде мостового крана или в виде стрелы-манипулятора.

В общем случае сама система для печати с помощью 3D-принтера содержит следующие элементы:

- система движения: козловые (портальные) краны или роботизированный манипулятор;
- система экструзии (печатающая головка с насадкой);
- портативная смесительная установка (просеивание и смешивание компонентов);
- система накачки (контролируется электроникой);
- блок управления (электроника, позиционирование и система управления);
- система мониторинга (камеры / мониторы слежения за процессом печати);
- система безопасности (автоматически выключает систему при необходимости).

---

\* Лошкарёва М. П., Шарапкин А. А., Новоселов В. Г. Применение 3D-печати для строительства домов из древесно-композиционных материалов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XIX Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2023. С. 433–440.

Loshkareva M. P. Sharapkin A. A., Novoselov V. G. Application of 3D-printing for the construction of houses made of wood-composite materials // Scientific youth creativity – the forest complex of Russia : materials of the XIX All-Russian (national) scientific and technical conference of students and graduate students. Yekaterinburg, 2023. P. 433–440. (in Russ.)



В качестве основного оборудования предложено использовать строительный 3D-принтер порталного типа модели AMT S300.

Данный принтер имеет ряд преимуществ:

- высокая производительность 2,5 м<sup>3</sup> в час;
- большое рабочее поле 14x19 м;
- большой эксплуатационный ресурс – 30 000 ч;
- использование в качестве материалов товарных и конструкционных бетонов на основе цемента марки 400–500 с фракцией нерудных материалов до 6 мм.

При создании строительной продукции методом послойной экструзии (3D-печати) осуществляется такая последовательность технологических операций:

- 1) создание цифровой трехмерной модели объекта;
- 2) деление модели на слои в поперечном сечении;
- 3) перевод модели в цифровые данные на языке программирования G-code, позволяющем моделировать, формировать коды и управлять 3D-принтером;
- 4) приготовление сырьевой смеси с заданными свойствами и ее подача в съемный накопительный бункер строительного 3D-принтера;
- 5) передача разработанного кода на печатающую головку – экструдер;
- 6) послойная экструзия сырьевой смеси в соответствии с заданной цифровой трехмерной моделью;
- 7) отверждение материала до завершения формирования объекта;
- 8) постобработка: удаление поддерживающей структуры (при необходимости).

Ключевыми в этой последовательности являются первые три этапа. Основой для создания трехмерной модели служит строительный проект здания.

Для автоматического написания программы используются программы САД- и САМ-системы. Для начала создается электронный чертеж в САД-системе с изображением характерных горизонтальных разрезов на соответствующих уровнях, после этого чертеж импортируется в САМ-систему. (рис. 1).

Далее система производит расчеты траекторий перемещения инструмента.

Управляющая программа – это совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования машины. Язык программирования обычно называют языком ISO 7-bit или языком G- и M-кодов. Коды состоят из двоичных чисел с 7 информационно несущими двоичными разрядами. Информационные слова данных записываются в такой последовательности:

- слова данных подготовительных функций;
- слова данных линейных функций;
- слова данных с последовательностью адресов X, Y, Z, V, P, Q, R, A, B, C;

- слова данных с интерполяцией I, J, K;
- слова данных подачи, функций главного движения.

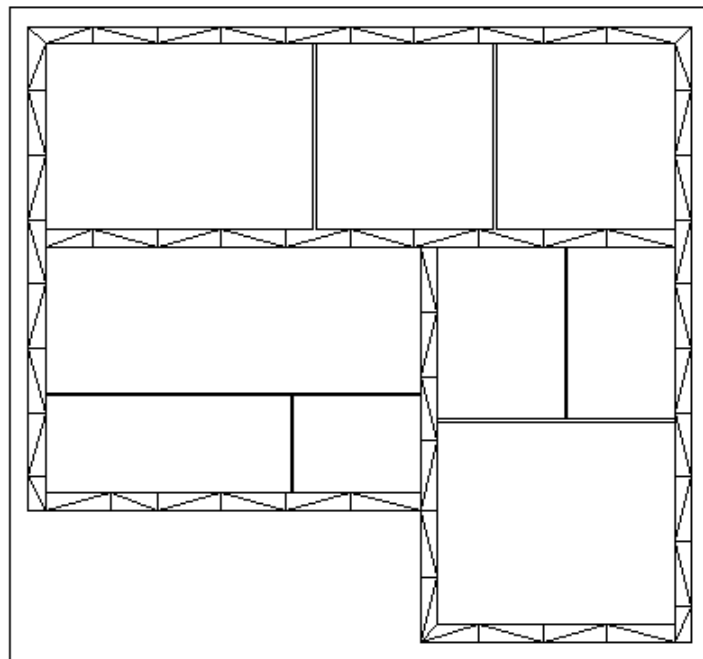


Рис. 1. Импортированный чертеж плана здания

В системе имеется возможность эмуляции перемещений рабочего органа машины (рис. 2).

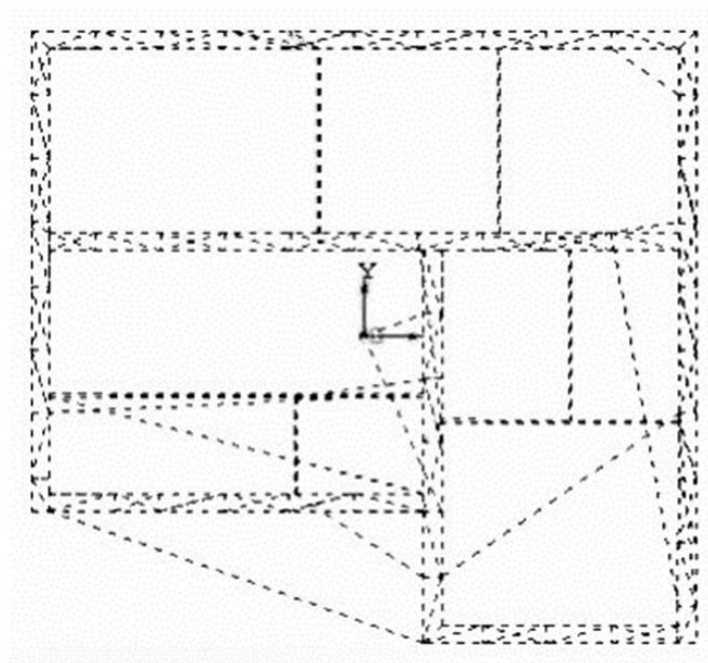


Рис. 2. Эмуляция траектории перемещения

С целью исследования автоматического управления работой строительного 3D-принтера за основу для написания G-кода был взят фрезерный станок с ЧПУ BEAVER 9AT. Строительный 3D-принтер и данный станок имеют сходную порталную П-образную конструкцию, а также они построены по одному принципу: перемещение в пространстве режущего инструмента у фрезерного станка и экструдера (сопла) у строительного принтера осуществляется по прямоугольным декартовым координатам. Любая точка траектории перемещения инструмента определяется тремя координатами в прямоугольной системе координат с осями абцисс X, ординат Y, аппликат Z. Оси координат располагаются параллельно физическим осям. Система координат является главной системой для программирования и назначается чертежом. Это позволяет смоделировать работу строительного 3D-принтера в определенном масштабе (1:75).

Полученные данные по результатам исследования приведены ниже.

Данные траектории движения для первого слоя одноэтажного здания	
Общая дистанция траектории движения, м.....	396,9
Время преодоления данной траектории, мин.....	39,6
Скорость движения, м/мин:	
минимальная .....	5
максимальная .....	10
Всего количество движений .....	338
линейных .....	64
ускоренных.....	274
Расчетные данные для здания	
Высота 1 этажа (стен), м.....	3
Длина траектории 1 слоя, м.....	396,9
Высота слоя, м .....	0,04
Скорость движения, м/мин.....	10–12
Производительность, м <sup>3</sup> /ч.....	2,5; 20 м <sup>3</sup> /смена
Время на получения одного слоя, мин.....	39,6
Общее количество слоев, шт. ....	75
Время на возведение 75 слоев, день.....	3

**Вывод.** Строительный 3D-принтер сможет напечатать 75 слоев, возвести внешние, наружные стены (400 мм) и перегородки (100 мм) из древесного композиционного материала для одноэтажного здания высотой 3 м площадью 116,58 м<sup>2</sup> за 49,5 ч, или 3 рабочих дня.

Научная статья  
УДК 674.5

## ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКИХ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ СИП-ПАНЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОСП-ПЛИТЫ И ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

Ирина Валерьевна Яцун<sup>1</sup>, Владислав Николаевич Ефимов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург,  
Россия

<sup>1</sup> yatsuniv@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> 98parkour@mail.ru

**Аннотация.** Приводятся результаты исследований по оценке физических и теплоизоляционных свойств СИП-панелей на основе ОСП-плиты и пенополистирола двух толщин: 174 и 224 мм. Полученные значения коэффициента теплопроводности позволяют рекомендовать материал в качестве теплоизоляционного в ограждающих конструкциях в малоэтажном домостроении.

**Ключевые слова:** СИП-панель, коэффициент теплопроводности СИП-панели, деревянное домостроение, теплоизоляционный материал

**Для цитирования:** Яцун И. В., Ефимов В. Н. Оценка физических и теплоизоляционных свойств СИП-панелей на основе ОСП-плиты и пенополистирола // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 114–119.

Scientific article

## EVALUATION OF PHYSICAL AND THERMAL INSULATION PROPERTIES OF SIP PANELS BASED ON OSB-PLATES AND POLYSTYRENE

Irina V. Yatsun<sup>1</sup>, Vladislav N. Efimov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> yatsuniv@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> 98parkour@mail.ru

**Abstract.** The results of studies on the assessment of the physical and thermal insulation properties of SIP-panels based on OPS-board and polystyrene foam of two thicknesses 174 mm and 224 mm are presented. The obtained values of the thermal conductivity coefficient make it possible to recommend the use of the material as a heat-insulating material in enclosing structures in low-rise housing construction.

**Keywords:** SIP panel, thermal conductivity coefficient SIP panel, wooden housing construction, thermal insulation material

**For citation:** Yatsun I. V., Efimov V. N. Estimation of physical and heat-insulating properties of SIP-panels based on OSB-board and expanded polystyrene // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 114–119.

Увеличение интереса к малоэтажному домостроению способствует росту технологичности производства. Разрабатываются конструкционные материалы, позволяющие сократить количество технологических операций, уменьшить время производства, но при этом получить высокие эксплуатационные характеристики, благодаря которым дом можно возвести в достаточно короткие сроки. Для обеспечения требований действующих строительных нормативных документов подобные материалы должны иметь минимальные потери тепла. При этом они должны быть безопасны в использовании, долговечны и не создавать дополнительных источников загрязнения.

На рынке представлен широкий выбор теплоизоляционных материалов на основе древесины [1, 2]. Это в основном плитные материалы (фибrolит, арболит, древесноволокнистые плиты и др.), которые, как правило, используются только в качестве теплоизоляции и не могут выступать самостоятельным конструкционным элементом в ограждающих конструкциях. Все эти виды утеплителей созданы по одному принципу – наличие полостей между частицами. Благодаря этому плотность материала становится меньше, соответственно, повышаются теплоизоляционные характеристики материалов.

В последнее время широкую популярность набирает канадская технология малоэтажного домостроения, основанная на использовании в качестве основного теплоизоляционного материала слоистых структурных изоляционных плит (далее СИП-панели) [3]. Они представляют собой трехслойную конструкцию (рис. 1). Наружные слои, придающие материалу прочностные характеристики, выполнены из ОСП-плиты, а внутренний слой, исполняющий роль утеплителя, может быть выполнен из различных материалов, таких как пенопласт, пенополиуретан, минеральная вата и др. [4].

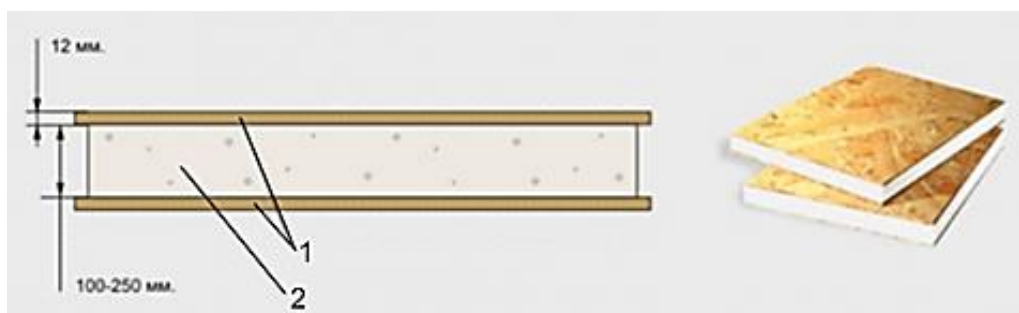


Рис. 1. Конструкция СИП-панелей:  
1 – ОСП-плита; 2 – пенополистирольная плита ПСБ-С

Проведенный литературный анализ позволяет сделать вывод о том, что физические и теплоизоляционные свойства таких конструкционных материалов мало изучены и исследования в этом направлении являются весьма своевременными и актуальными.

Целью исследований являлось определение физических и теплоизоляционных характеристик СИП-панели на основе ОСП-плиты и пенополистирола.

Образцы для исследований были изготовлены в условиях Бобровского завода малоэтажного домостроения из следующих материалов: ОСП-плиты (ГОСТ Р 56309–2014) толщиной 12 мм; пенополистирола марки ПСБ-С-25ф (ГОСТ 15588–2014) толщиной 150 и 200 мм. В качестве связующего использовался однокомпонентный полиуретановый клей UNION Polymers.

Процесс изготовления СИП-панелей включает следующие технологические операции (рис. 2):

- сборка пакета на сборочном столе станка СНКП-2;
- прессование плиты в прессах станка СНКП-2 (время 10–15 мин, удельное давление 0,01–0,02 МПа);
- технологическая выдержка (не менее 24 ч);
- раскрой панели в размер на форматно-раскроечном станке ФРС-4;
- выборка соединительного паза на фрезерном станке ФС-1;
- контроль качества и упаковка;
- отгрузка готовой продукции на склад.

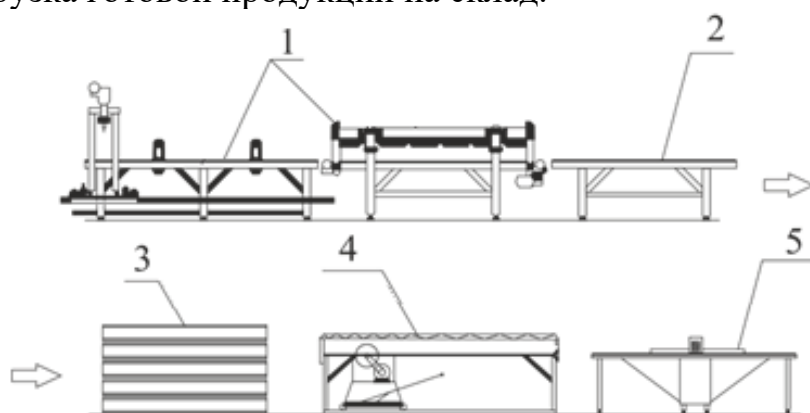


Рис. 2. Принципиальная схема линии по производству СИП-панелей:  
1 – линия сборки и прессования СИП-панелей; 2 – приемочный стол;  
3 – пачка СИП-панелей (технологическая выдержка);  
4 – форматно-раскроечный станок; 5 – фрезерный станок для выборки паза

Исследование образцов размерами 250×250×174 мм и 250×250×224 мм проводилось в соответствии с методиками, изложенными в ГОСТ 10634–88 [5] и ГОСТ 30256–94 [6]. Количество повторений эксперимента – 5.

Плотность материалов толщиной 174 мм составила 93 кг/м<sup>3</sup>, а толщиной 224 мм – 80 кг/м<sup>3</sup>. Результаты экспериментальных данных по исследованию

физических и теплоизоляционных свойств СИП-панели и их статистическая обработка приведены в таблице и на рис. 3–6.

Результаты по определению физических и теплоизоляционных свойств образцов СИП-панели и статистическая обработка полученных экспериментальных данных

Толщина СИП-панели, мм	Показатель	Водо-поглощение, $\Delta W$ , %	Разбухание по толщине плиты, $S$ , %	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)
174	Образец № 1	129,5	3,8	0,33
	Образец № 2	126,3	3,3	0,38
	Образец № 3	129,1	3,8	0,41
	Образец № 4	129,7	4,0	0,31
	Образец № 5	130,5	4,2	0,35
	Среднее арифметическое значение $\bar{x}$	129,0	3,8	0,36
	Среднее квадратичное отклонение $s$	1,60	0,4	0,04
	Коэффициент изменчивости (вариации) $v$	1,24	10,5	11,10
	Средняя ошибка среднего арифметического $m$	0,72	0,2	0,02
	Показатель точности $P$	0,55	5,2	5,5
224	Образец № 1	88,7	4,5	0,29
	Образец № 2	87,2	4,2	0,28
	Образец № 3	84,0	3,9	0,27
	Образец № 4	88,0	4,7	0,30
	Образец № 5	87,1	4,6	0,28
	Среднее арифметическое значение $\bar{x}$	85,8	4,4	0,28
	Среднее квадратичное отклонение $s$	2,24	0,3	0,01
	Коэффициент изменчивости (вариации) $v$	2,6	6,8	3,60
	Средняя ошибка среднего арифметического $m$	1,00	0,1	0,01
	Показатель точности $P$	1,16	3,1	3,60

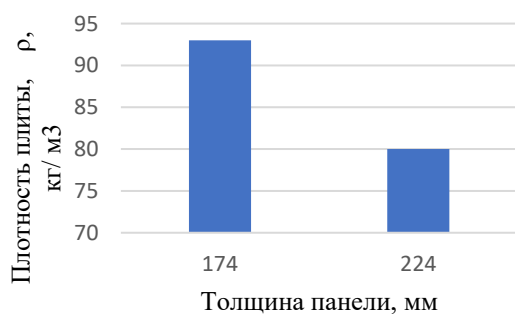


Рис. 3. Влияние толщины пенополистирола на плотность СИП-панелей

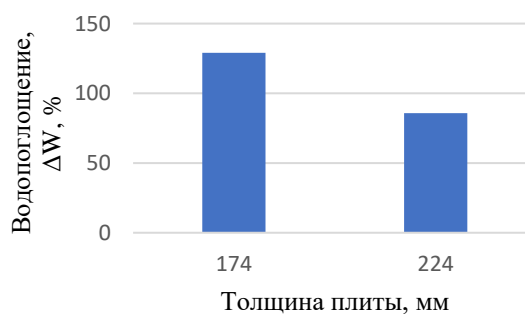


Рис. 4. Влияние толщины пенополистирола на водопоглощение СИП-панелей



Рис. 5. Влияние толщины пенополистирола на разбухание по толщине СИП-панелей

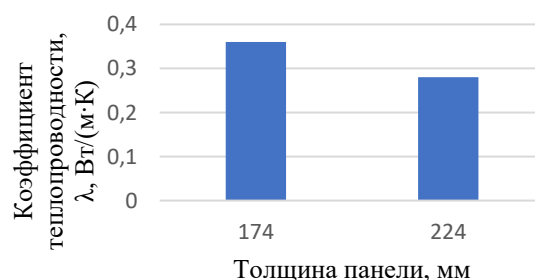


Рис. 6. Влияние толщины пенополистирола на коэффициент теплопроводности СИП-панелей

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. СИП-панели обладают следующими физическими и теплоизоляционными характеристиками:

- толщиной 174 мм: плотность 93 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение 129 %, разбухание по толщине плиты 3,8 %, коэффициент теплопроводности 0,36 Вт/(м·К);

- толщиной 224 мм: плотность 80 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение 85,8 %, разбухание по толщине плиты 4,4 %, коэффициент теплопроводности 0,28 Вт/(м·К).

2. С увеличением толщины внутреннего слоя СИП-панели (пенополистирола):

- уменьшаются: плотность – в среднем на 13,9 %, степень водопоглощения – на 34,1 % и коэффициента теплопроводности – на 26,6 %;

- увеличивается степень разбухания по толщине в среднем на 13,6 %.

3. Так как полученные коэффициенты теплопроводности рассматриваемых образцов СИП-панели на основе ОСП-плиты и пенополистирола не превышают величины 0,6 Вт/(м·К), то материал можно использовать в качестве теплоизоляционного в ограждающих конструкциях в малоэтажном домостроении.



## Список источников

1. Коротких А. Г. Теплопроводность материалов : учебное пособие. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 97 с.
2. Гелес И. С., Кузьмин А. Б., Коржова М. А. Трудногораемые теплоизоляционные плиты из отходов древесины // Деревообрабатывающая промышленность. 1994. № 3. С. 13–14.
3. Вайнбергер С. А., Машин Н. А. Совершенствование технологии стеновых панелей и теплоизоляционных материалов на основе отходов древесины и органоминеральных систем // Перспективные материалы в строительстве и технике. 2014. С. 260–263.
4. Этапы производства SIP панелей: офиц. сайт. URL: <http://www.garus.ru/technology/proizvodstvo.php> (дата обращения: 10.05.2023).
5. ГОСТ 10634–88. Плиты древесностружечные. Методы определения физических свойств // Библиотека Гостов : офиц. сайт. URL: <http://vsegost.com/Catalog/28/28780.shtml> (дата обращения: 10.05.2023).
6. ГОСТ 30256–94. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом // Библиотека Гостов : офиц. сайт. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/279/27902.pdf> (дата обращения: 10.05.2023).

## References

1. Korotkikh A. G. Thermal conductivity of materials : a tutorial. Tomsk : Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2011. 97 p.
2. Geles I. S., Kuzmin A. B., Korzhova M. A. Slow-burning heat-insulating boards from wood waste / Woodworking industry. 1994. No. 3. P. 13–14. (in Russ.)
3. Weinberger S. A., Mashin N. A. Improving the technology of wall panels and heat-insulating materials based on waste wood and organomineral systems // Perspective materials in construction and technology. 2014. P. 260–263. (in Russ.)
4. Stages of production of SIP panels: official website. URL: <http://www.garus.ru/technology/proizvodstvo.php> (accessed 10.05.2023).
5. GOST 10634–88. Particle boards. Methods for determining physical properties // Library of GOSTs : official website. URL: <http://vsegost.com/Catalog/28/28780.shtml> (accessed 10.05.2023).
6. GOST 30256–94. Construction materials and products. Method for determining thermal conductivity with a cylindrical probe // Library of GOSTs : official website. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/279/27902.pdf> (accessed 10.05.2023).

ПРОГРЕССИВНОЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ

PROGRESSIVE WOODWORKING EQUIPMENT AND TOOLS

Научная статья

УДК 674.055:621.934:630.652

МОДИФИКАЦИЯ СТРОГАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО  
ИНСТРУМЕНТА С ПОМОЩЬЮ Hf–ZrN-ПОКРЫТИЙ

Михаил Анатольевич Андреев<sup>1</sup>, Вадим Витальевич Чаевский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт сварки и защитных покрытий НАН Беларуси, Минск, Беларусь

<sup>2</sup> Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

<sup>1</sup> andreyev.mikhail@gmail.com

<sup>2</sup> chayeuski@belstu.by

**Аннотация.** В статье исследованы характеристики осажденных на поверхности стальных строгальных (HSS 18 % W) ножей фрезерного инструмента комбинированным методом ионно-лучевого распыления и КИБ обработки Hf–ZrN-покрытий. Сформированные покрытия, показывают высокие физико-механические свойства. Повышенная микротвердость сформированных Hf–ZrN-покрытий ( $6,6 \pm 0,3$  ГПа) и их высокая степень адгезии с основой повышают износостойкость лезвий ножей, в результате чего период стойкости модифицированного инструмента увеличивается в 2,3–2,5 раза по сравнению с таковым необработанного инструмента при резании заготовок из древесины хвойных пород.

**Ключевые слова:** покрытия, нитрид циркония, фрезерный инструмент

**Благодарности:** исследования финансировались в рамках ГПНИ Республики Беларусь «Материаловедение, новые материалы и технологии» (задание 4.1.15 подпрограммы «Многофункциональные и композиционные материалы» и задание 3.2.7 подпрограммы «Электромагнитные, пучково-плазменные и литейно-деформационные технологии обработки и создания материалов»).

**Для цитирования:** Андреев М. А., Чаевский В. В. Модификация строгального фрезерного инструмента с помощью Hf–ZrN-покрытий // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 120–125.

Scientific article

## MODIFICATION OF PLANER MILLING TOOLS USING Hf–ZrN COATINGS

Mihail A. Andreev<sup>1</sup>, Vadim V. Chaevsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Welding and Protective Coatings of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

<sup>2</sup> Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

<sup>1</sup> andreyev.mikhail@gmail.com

<sup>2</sup> chayeuski@belstu.by

**Abstract.** The article deals with the characteristics of Hf–ZrN coatings deposited on the surface of steel planer milling tool knives (HSS 18 % W) using a combined method of ion-beam sputtering and Arc-PVD. The formed coatings show high physical and mechanical properties. The increased microhardness of the formed Hf–ZrN coatings ( $6.6 \pm 0.3$  GPa) and its high adhesion strength to the substrate increase the wear resistance of the knives edges, as a result of which the durability of the modified tool increases by 2.3–2.5 times compared to the bare tool during cutting softwood blanks.

**Keywords:** coatings, zirconium nitride, milling tool

**Acknowledgments:** this research was financed by the State Budget Program of Scientific Research of the Republic of Belarus "Materials Science, New Materials and Technologies" (assignment no. 4.1.15 of subprogram "Multifunctional and composite materials" and assignment no. 3.2.7 of subprogram "Electromagnetic, beam-plasma and foundry-deformation technologies for processing and creating materials").

**For citation:** Andreev M. A., Chaevsky V. V. Modification of a planing milling tool using Hf–ZrN coatings // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 120–125.

В процессе резания древесных материалов экстрактивные вещества и кремнезем, содержащиеся в древесине, инициируют коррозию и механический износ стальных ножей режущего инструмента [1]. В результате долговечность фрезерного инструмента сокращается и снижается эффективность промышленного производства. Кроме разработки новых твердых сплавов и быстрорежущих сталей, большое внимание уделяется защите от износа поверхностного слоя инструмента и сохранению его геометрии при повышенных режимах обработки [2]. В связи с этим дальнейшие исследования направлены на разработку новых концепций, инновационных процессов и передовых технологий получения покрытий для режущего инструмента, позволяющих уверенно прогнозировать дальнейшее значительное повышение эксплуатационных свойств режущего инструмента.

Среди основных направлений такого развития можно выделить, в частности, покрытия с нанометрической структурой, многослойные композиционные, градиентные и многокомпонентные покрытия. Исследования в этом направлении активно ведутся в последние годы [3, 4]. В настоящее время достигнут существенный прогресс в улучшении ключевых характеристик инструментальных материалов путем нанесения модифицирующих покрытий с применением многооперационных – гибридных (комбинированных) – технологий их осаждения [5]. Целью работы был синтез на поверхности лезвий стальных (сплава HNS 18 % W) строгальных ножей дереворежущего фрезерного инструмента ионно-плазменных Hf–ZrN-покрытий и исследование структуры, фазового состава и физико-механических свойств сформированных слоев и периода стойкости инструмента с покрытиями.

Hf–ZrN-покрытия были сформированы методами ионно-лучевого распыления и конденсацией вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ). Перед осаждением Hf–Zr–ZrN-покрытия проводилась ионная очистка содержащей цирконий (Zr) и гафний (Hf) мишени ЦГ20 потоком ионов аргона при давлении аргона  $(3–3,5) \cdot 10^{-2}$  Па в вакуумной камере в течение 25–30 мин. Затем на образцы ножей методом ионно-лучевого распыления мишени с помощью двухлучевого распылительного ионного источника ИРЛУ-2 оборудования ННВ 6.6-И1 напылялась пленка Hf. После чего методом КИБ осаждалось ZrN-покрытие. В результате формировалось слоистое Hf–ZrN-покрытие на поверхностях лезвий ножей фрезы.

Фазовый состав сформированных покрытий исследовался методом рентгеноструктурного анализа (РСА) при помощи дифрактометра Ultima IV (Rugaku) в Cu- $K_{\alpha}$ -излучении. Морфология поверхностей покрытий и элементный состав образцов исследовались методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) с помощью электронного микроскопа MIRA 3 (TESCAN). Микротвердость испытуемых покрытий определялась при нагрузках 50, 100 и 300 г по методу Виккерса на микротвердомере Wilson Instrumets 402MVD.

Рис. 1 показывает, что Hf–ZrN-покрытие, осажденное на поверхность лезвий строгальных ножей, содержит фазы гафния ( $\alpha$ -Hf), нитрида циркония (ZrN) и твердого раствора замещения (Hf, Zr)N. Формирование фазы нитрида циркония ZrN, имеющее ГЦК-структуру типа NaCl, является характерным для структур покрытий, осажденных при использовании метода КИБ. Значение среднего параметра решетки Hf–ZrN-покрытия, рассчитанного по методу Гаусса определения центра тяжести рентгеновского пика (111)  $2\theta = 33,4637^{\circ}$  (см. рис. 1), составило 0,4634 нм, что превосходит стандартное (JC PDS 35-0753) значение параметра решетки ZrN-покрытия 0,4577 нм. В результате был сделан вывод о формировании твердого раствора замещения (Hf, Zr)N, основанный на результатах исследований [6], показавших, что металлы Ti, Hf, Zr, V, Nb замещают друг друга в металлической подрешетке, при этом азот внедряется в октаэдрические поры кристаллической решетки,

образуя подрешетку, смещенную относительно подрешетки металла. Кроме того, было доказано, что атомы Hf, Nb, Zr увеличивают параметр решетки, атомы Ti, V уменьшают его.

Hf–ZrN-покрытие повторяет рельеф поверхности основы, что можно объяснить выполненной подготовкой поверхности ножа перед нанесением покрытия (в том числе и операцией шлифования), которая способствует достаточно высокой степени адгезии покрытия, проявляющейся в истирании кромок лезвий ножей с Hf–ZrN-покрытием в процессе их износа (рис. 2, а).

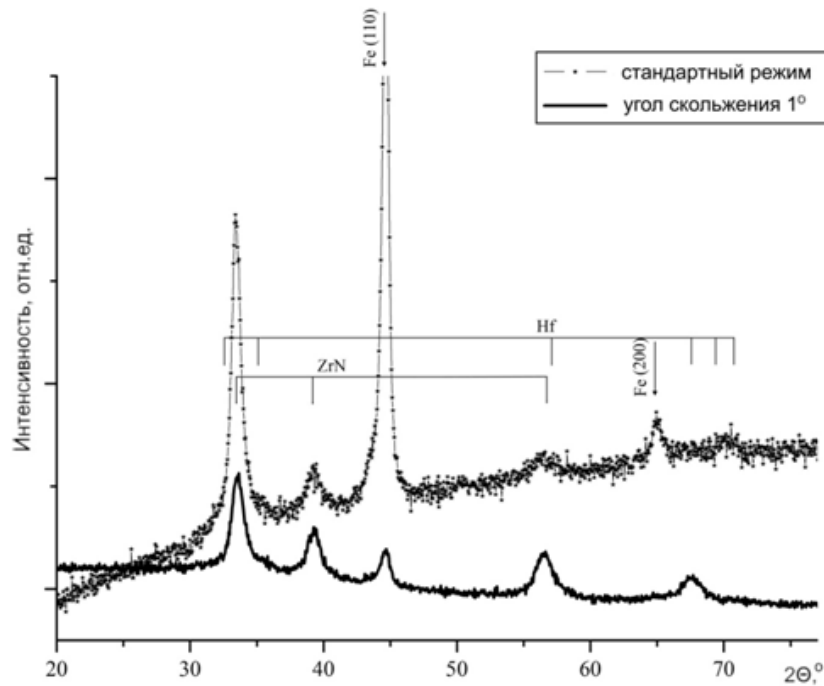


Рис. 1. Рентгенограмма Hf–ZrN-покрытия

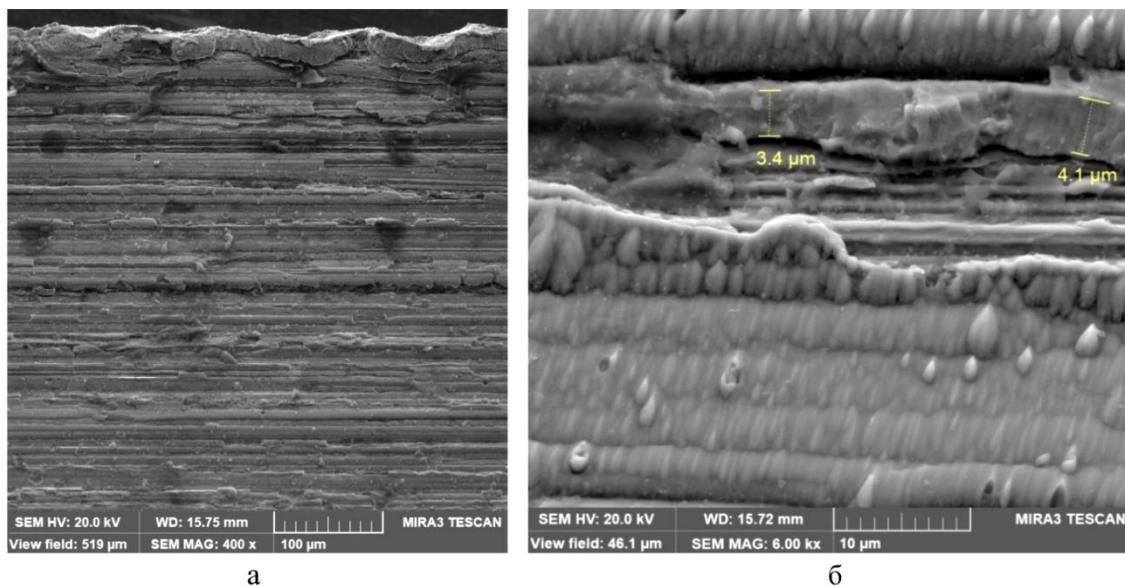


Рис. 2. СЭМ-снимки лезвия ножа с Hf–ZrN-покрытием: а – плоскости поверхности с кромкой; б – плоскости поверхности с толщиной слоя скола

Наблюдается также скалывание частей покрытия в местах их неравномерного формирования на поверхности лезвия (рис. 2, б) в процессе резания древесины. По измеренным величинам сколов покрытия была определена толщина Hf–ZrN-покрытий (3–4 мкм) ножей.

Значение микротвердости сформированных Hf–ZrN-покрытий ( $6,6 \pm 0,3$  ГПа) превышает твердость ( $5,2 \pm 0,2$  ГПа) стальных строгальных ножей без покрытия.

Проведенные на ПУП «Мебельная фабрика "Пинскдрев-Адриана"» (г. Пинск, РБ) опытно-промышленные испытания фрезерного инструмента с строгальными ножами из стали HSS 18 % W марки Pilana (Чехия) с Hf–ZrN-покрытиями продольно-фрезерного станка Superset XL фирмы SCM показали увеличение их периода стойкости в 2,3–2,5 раза по сравнению с таковым необработанного инструмента при резании заготовок из древесины хвойных пород, подтвердив высокие физико-механические характеристики Hf–ZrN-покрытий.

На поверхности лезвий стальных (HSS 18 % W) строгальных ножей фрезерного инструмента осаждены комбинированным методом ионно-лучевого распыления и КИБ-обработки Hf–ZrN-покрытия. Сформированные покрытия содержат фазы гафния ( $\alpha$ -Hf), нитрида циркония (ZrN) и твердого раствора замещения (Hf, Zr)N. Высокая адгезия и повышенная микротвердость сформированных Hf–ZrN-покрытий ( $6,6 \pm 0,3$  ГПа) повышают износостойкость лезвий ножей, в результате чего период стойкости модифицированного инструмента увеличивается до 2,5 раза по сравнению с таковым необработанного инструмента при резании заготовок из древесины хвойных пород.

## Список источников

1. Examination of tools of different materials edge geometry for MDF milling / G. Kowaluk, W. Szymanski, B. Palubicki, P. Beer // Eur. J. Wood Prod. 2009. Vol. 67(2). P. 173–176.
2. The effects of cutting parameters and tool geometry on cutting forces and tool wear in milling high-density fiberboard with ceramic cutting tools / Z. Zhu [et al.] // Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2017. Vol. 91. P. 4033–4041.
3. Study of properties of nanostructured multi-layer composite coatings of Ti–TiN–(TiCrAl)N and Zr–ZrN–(ZrNbCrAl)N / A. A. Vereschaka [et al.] // J. Nano Res. 2016. Vol. 40. P. 90–98.
4. Filtered cathodic vacuum Arc deposition of nano-layered composite coatings for machining hard-to-cut materials / A. O. Volkhonskii [et al.] // Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2016. Vol. 84. P. 1647–1660.
5. Structural and Mechanical Properties of the ZrC/Ni-Nanodiamond Coating Synthesized by the PVD and Electroplating Processes for the Cutting Knives / V. Chayauski [et al.] // J. Mater. Eng. Perform. 2019. Vol. 28(3). P. 1278–1285.

6. Константинов С. В., Комаров Ф.Ф. Структурно-фазовое состояние наноструктурированных нитридных покрытий на основе высокоэнтропийного сплава TiHfZrVNb // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : материалы Междунар. конф., г. Минск, 12–14 сентября 2018 г. Минск : БНТУ, 2018. С. 95–107.

## References

1. Examination of tools of different materials edge geometry for MDF milling / G. Kowaluk, W. Szymanski, B. Palubicki, P. Beer // Eur. J. Wood Prod. 2009. Vol. 67(2). P. 173–176.

2. The effects of cutting parameters and tool geometry on cutting forces and tool wear in milling high-density fiberboard with ceramic cutting tools / Z. Zhu [et al.] // Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2017. Vol. 91. P. 4033–4041.

3. Study of properties of nanostructured multi-layer composite coatings of Ti-TiN-(TiCrAl)N and Zr-ZrN-(ZrNbCrAl)N / A. A. Vereschaka [et al.] // J. Nano Res. 2016. – Vol. 40. P. 90–98.

4. Filtered cathodic vacuum Arc deposition of nanolayered composite coatings for machining hard-to-cut materials / A. O. Volkhonskii [et al.] // Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2016. – Vol. 84. P. 1647–1660.

5. Structural and Mechanical Properties of the ZrC/Ni-Nanodiamond Coating Synthesized by the PVD and Electroplating Processes for the Cutting Knives / V. Chayauski [et al.] // J. Mater. Eng. Perform. 2019. Vol. 28(3). P. 1278–1285.

6. Konstantinov S. V., Komarov F. F. Structural-phase state of nanostructured nitride coatings based on high-entropy alloy TiHfZrVNb // Modern methods and technologies of creation and processing of materials: materials of the international. Conf., Minsk, September 12–14, 2018. Minsk : BSTU, 2018. P. 95–107. (in Russ.)

Научная статья  
УДК 674.052

## СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА МЕСТНОГО ТОРЦОВОГО ПРЕССОВАНИЯ В САЕ-СИСТЕМЕ

Ярослав Дмитриевич Ведерников<sup>1</sup>, Ольга Анатольевна Рублева<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Вятский государственный университет, Киров, Россия

<sup>1</sup> vedernikov@vyatsu.ru

<sup>2</sup> olga\_ru@vyatsu.ru

**Аннотация.** В статье предложена численная модель древесины, приемлемая для приближенных расчетов в САЕ-системах с применением метода конечных элементов с целью оценки поведения древесины при местном торцовом прессовании. Древесина моделируется как однонаправленно армированный слоистый материал. Предложенная слоистая структура модели позволяет прогнозировать поведение деревянной заготовки при местном прессовании вдоль волокон.

**Ключевые слова:** древесина, прессование, метод конечных элементов, имитационная модель

**Для цитирования:** Ведерников Я. Д., Рублева О. А. Создание имитационной модели древесины для численного моделирования процесса местного торцового прессования в САЕ-системе // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 126–131.

Scientific article

## CREATION OF A SIMULATION MODEL OF WOOD FOR NUMERICAL SIMULATION OF THE PROCESS OF LOCAL PRESSING IN LONGITUDINAL DIRECTION IN THE CAE-SYSTEM

Yaroslav D. Vedernikov<sup>1</sup>, Olga A. Rubleva<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Vyatka State University, Kirov, Russia

<sup>1</sup> vedernikov@vyatsu.ru

<sup>2</sup> olga\_ru@vyatsu.ru

**Abstract.** The paper proposes a numerical model of wood acceptable for approximate calculations in CAE systems using the finite element method in order to evaluate the behavior of wood during local pressing in longitudinal direction. Wood is modeled as a unidirectionally reinforced laminated material. The proposed



layered structure of the model makes it possible to predict the behavior of a wooden billet during local pressing along the fibers.

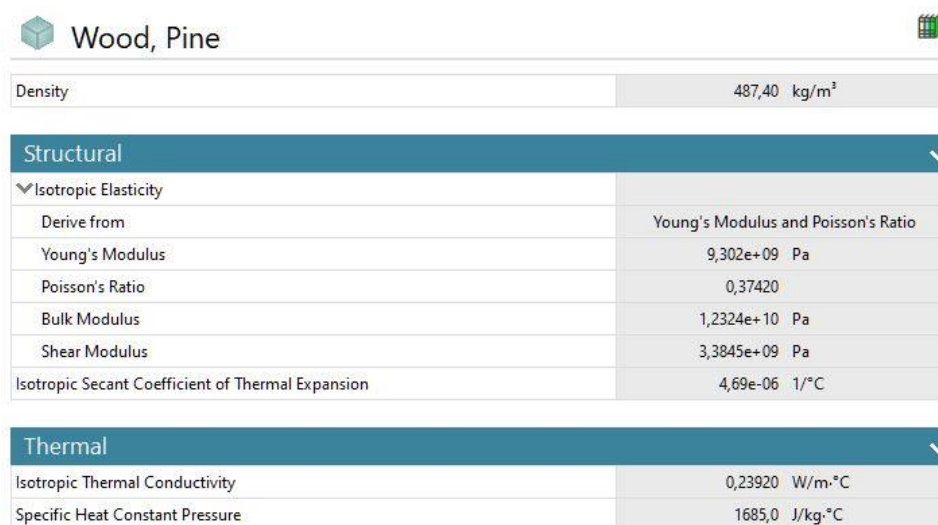
**Keywords:** wood, pressing, finite element method, simulation model

**For citation:** Vedernikov Ya. D., Rubleva O. A. Creation of a simulation model of wood for numerical simulation of the process of local face pressing in the CAE-system // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 126–131.

В работе рассматривается проблема численного моделирования процесса получения прямоугольных шипов в деревянных заготовках способом торцового прессования. Торцовое прессование является перспективным инновационным процессом, который в данный момент пока не обеспечен типовыми средствами технологического оснащения [1]. Для обеспечения процесса их конструирования требуется предварительное моделирование схем технологической оснастки, инструмента, приспособлений. Кроме того, необходимо моделирование самого процесса обработки. Такая задача может быть решена численными методами при помощи программ компьютерного инженерного анализа, или САЕ-систем (англ. computer-aided engineering).

Применение метода конечных элементов для моделирования процесса прессования древесины рассматривалось во многих работах [1–5]. Начальным уровнем моделирования является разработка модели системы пуансон – заготовка.

Данная задача осложнена отсутствием в современных САЕ-системах характеристик древесины как материала, имеющего специфические особенности пластического деформирования, трещинообразования и других процессов, зависящих от ее структуры и направления приложения нагрузки. В основном в библиотеки включены материалы с заданными значениями модуля Юнга, коэффициента Пуассона, модуля сдвига, модуля упругости, плотности вне зависимости от направления волокон (рис. 1).



Wood, Pine	
Density	487,40 kg/m <sup>3</sup>
<b>Structural</b>	
▼ Isotropic Elasticity	
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	9,302e+09 Pa
Poisson's Ratio	0,37420
Bulk Modulus	1,2324e+10 Pa
Shear Modulus	3,3845e+09 Pa
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	4,69e-06 1/°C
<b>Thermal</b>	
Isotropic Thermal Conductivity	0,23920 W/m·°C
Specific Heat Constant Pressure	1685,0 J/kg·°C

Рис. 1. Значения показателей механических свойств для древесины сосны в среде ANSYS

Целью исследования является моделирование материала заготовки – древесины и процесса местного торцового прессования, позволяющее установить характер деформирования, приближенный к реальной ситуации.

*Задачи исследования:*

1) создать имитационную конечно-элементную модель древесины, позволяющую оценить поведение древесины при пластическом деформировании вдоль волокон;

2) провести численное моделирование, основанное на методе конечных элементов для процесса прессования древесины вдоль волокон в имитационной модели древесины;

3) оценить характер распределения нагрузок и деформаций пуансона и заготовки, проанализировать полученные результаты и сравнить их с имеющимися экспериментальными данными.

*Материалы и методы*

Структура материала в имитационной модели по аналогии с предложениями в работах [2, 3] представлена как однонаправленно армированный материал. Схема нагружения модели на сжатие вдоль волокон приведена на рис. 2, б.

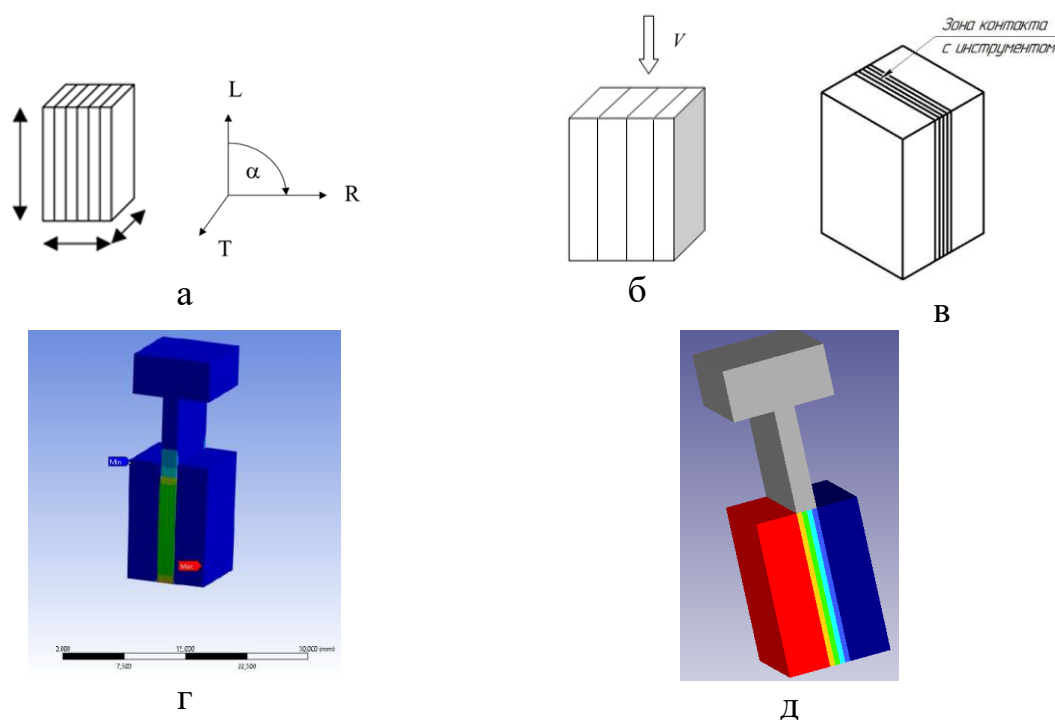


Рис. 2. Модели имитации древесины:

а – слоистая модель [2]; б – расчетная слоистая модель [3];  
 в – имитационная модель, предложенная авторами; г – модель в среде ANSYS;  
 д – модель в среде DEFORM-3D

Возможны варианты описания структуры модели, которые включают несколько однотипных слоев или слоев с разными свойствами. В настоящем исследовании модель представляет совокупность отдельных слоев – ламелей

из одинакового материала, которые имеют следующие характеристики: толщина 0,5 мм, ширина 10 мм, высота 15 мм. Такая структура заготовки будет приемлема для первоначальной апробации конечно-элементной модели и оценки характера ее деформирования.

Моделирование процесса деформирования проводилось в программных продуктах DEFORM-3D и ANSYS. В данной работе концентрировались на характере деформирования модели, поэтому рассматривали направления приложения усилий, не принимая во внимание их величины.

Материал заготовки в среде DEFORM-3D выбран произвольным и легко деформируемым с целью упрощения расчетов. В среде ANSYS использовался стандартный материал «Wood, Pine». Коэффициент трения между слоями заготовки в среде DEFORM-3D выбран 1, в среде ANSYS – 0,1. Это позволило провести более реалистичную симуляцию поведения заготовки. На рис. 2, г показана система заготовка – пуансон в среде ANSYS, на рис. 2, д – в среде DEFORM-3D.

### *Результаты исследования и их обсуждение*

Моделирование в среде DEFORM-3D позволило установить общую картину деформирования. На рис. 3, а виден изгиб слоев материала, идентичный изгибу слоев древесины на дне проушины (рис. 3, б), полученному в экспериментах исследования [1].

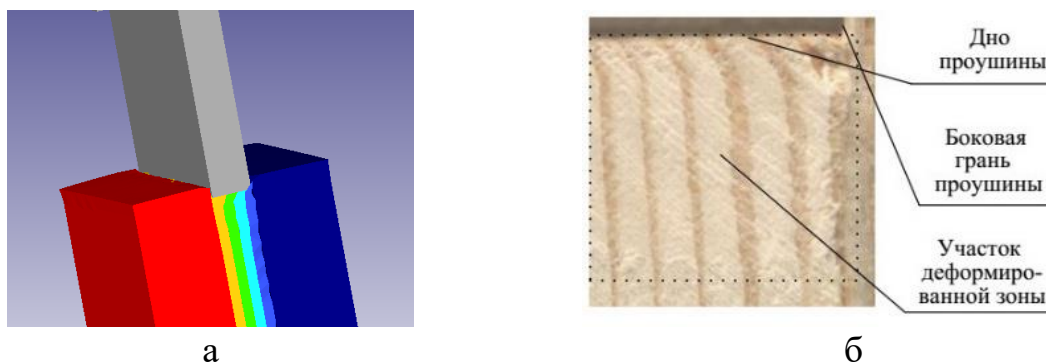


Рис. 3. Изгиб слоев древесины:

а – в имитационной модели DEFORM-3D; б – в экспериментальном образце [1]

При моделировании в среде ANSYS получена картина бочкообразного деформирования модели, а также прогиб и расслоение пластинчатой структуры (рис. 4, а, б). Этот результат схож с результатом, представленным в работе [5], где показано, что при больших скоростях деформирования наблюдаются бочкообразная деформация модели, а также прогиб и расслоение пластинчатой структуры имитационной модели, собранной из листов тонкого материала (рис. 4, в).

Полученные результаты моделирования процесса коррелируют с имеющимися экспериментальными результатами, приведенными в работах [1, 5]. Данная модель позволяет оценить поведение древесины при местном пластическом деформировании в результате внедрения единичного пуансона.

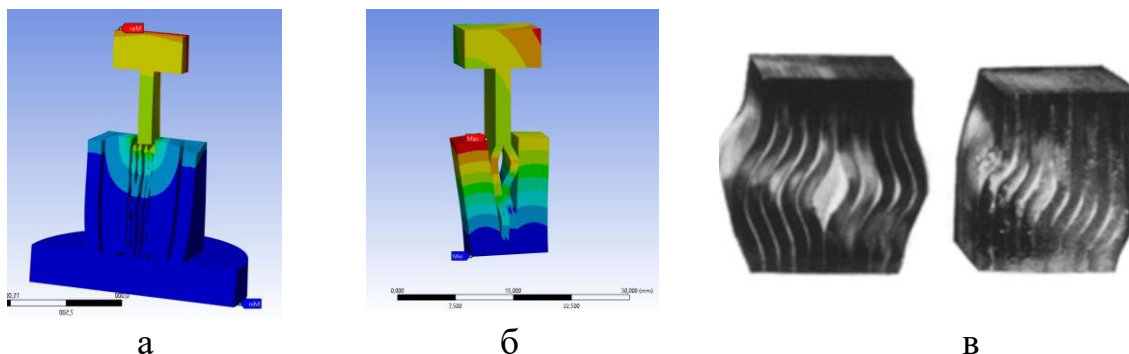


Рис. 4. Результаты деформирования модели:

- а – бочкообразная деформация в имитационной модели ANSYS;
- б – расслоение заготовки в имитационной модели ANSYS;
- в – расслоение имитационных экспериментальных образцов [5]

Результаты предложенного моделирования могут быть применены для предварительных расчетов параметров процесса местного торцевого прессования древесины. В дальнейшем требуется уточнить характеристики материала отдельных слоев, условия обжима заготовки и нагружения инструмента.

### *Выводы*

Моделирование процесса торцевого прессования древесины осложнено особенностями поведения анизотропного материала. Имитационная модель, состоящая из слоев-ламелей толщиной 0,5 мм, позволяет оценить характер пластических деформаций заготовки при деформировании древесины вдоль волокон.

Моделирование позволяет установить картину деформирования, которая заключается в расслоении слоев заготовки и их бочкообразной деформации. Модель может быть использована для приближенного численного описания процессов местного торцевого прессования.

### **Список источников**

1. Рублева О. А., Гороховский А. Г., Шишкина Е. Е. Методика и результаты экспериментальных исследований процесса формирования клеевых соединений на прямоугольные прессованные шипы // Хвойные бореальной зоны. 2020. Т. 38, № 1–2. С. 66–75. EDN QUVBHF.
2. Reiterer A., Stanzl-Tschegg S. E. Compressive behaviour of softwood under uniaxial loading at different orientations to the grain // Mechanics of materials. 2001. Т. 33, №. 12. С. 705–715.

3. Конечно-элементная методика численного моделирования упругопластического деформирования древесины при ударном нагружении / М. В. Беженцева, Л. И. Вуцин, А. И. Кибец, Л. Крушка // Проблемы прочности и пластичности. 2020. Т. 82, № 4. С. 428–441. DOI : 10.32326/1814-9146-2020-82-4-428-441. EDN CIAHEA.

4. Hu W. et al. Finite element analysis of tensile load resistance of mortise-and-tenon joints considering tenon fit effects //Wood and Fiber Science. 2018. Т. 50, №. 2. С. 121–131.

5. Bariska M., Kučera L. J. On the fracture morphology in wood: Part 2: Macroscopical deformations upon ultimate axial compression in wood //Wood Science and Technology. 1985. Т. 19. №. 1. С. 19–34.

## References

1. Rubleva, O. A. Gorohovsky A. G., Shishkina E. E. Methods and results of experimental studies of the formation of adhesive joints on rectangular pressed spikes // Coniferous boreal zone. 2020. V. 38, № 1–2. P. 66–75. EDN QUVBHF. (in Russ.)

2. Reiterer A., Stanzl-Tschegg S. E. Compressive behavior of soft-wood under uniaxial loading at different orientations to the grain // Mechanics of materials. 2001. Vol. 33, № 12. P. 705–715.

3. Finite element method for numerical simulation of elastic-plastic deformation of wood under shock loading / М. В. Безхентсева, Л. И. Вуцин, А. И. Кибец, Л. Крушка // Problems of strength and plasticity. 2020. V. 82. No. 4. P. 428–441. DOI 10.32326/1814-9146-2020-82-4-428-441. EDN CIAHEA. (in Russ.)

4 Hu W. et al. Finite element analysis of tensile load resistance of mortise-and-tenon joints considering tenon fit effects //Wood and Fiber Science. 2018. V. 50, №. 2. P. 121–131.

5. Bariska M., Kucera L. J. On the fracture morphology in wood: Part 2: Macroscopical deformations upon ultimate axial compression in wood // Wood Science and Technology. 1985. Vol. 19. №. 1. P. 19–34.

Научная статья  
УДК 62-1/-9

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСПИРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК  
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Илья Евгеньевич Пестов<sup>1</sup>, Сергей Владимирович Щепочкин<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> pestovie@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> shchepochkinsv@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Статья посвящена изучению зависимостей производительности аспирационной установки, мощности, развиваемой вентилятором, развиваемого напора, КПД аспирационной установки от частоты вращения рабочего колеса. Рассматривается возможность использования рабочих колес с разным числом рабочих лопастей.

**Ключевые слова:** аспирационные системы, вентилятор, деревообработка, эксперимент

**Для цитирования:** Пестов И. Е., Щепочкин С. В. Методика экспериментального исследования рабочих характеристик аспирационных установок деревообрабатывающих производств // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 132–139.

Scientific article

**METHOD OF EXPERIMENTAL STUDY OF THE PERFORMANCE  
CHARACTERISTICS OF SUSPENSION INSTALLATIONS  
IN WOODWORKING PRODUCTIONS**

**Ilya E. Pestov<sup>1</sup>, Sergey V. Shchepochkin<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> pestovie@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> shchepochkinsv@m.usfeu.ru

**Abstract:** The article is devoted to the study of the dependence of the performance of the suction unit, the power developed by the fan, the pressure developed, the efficiency of the suction unit on the speed of the impeller. The possibility of using impellers with a different number of impeller blades is being considered.

**Keywords:** aspiration systems, fan, woodworking, experiment

**For citation:** Pestov I. E., Shchepochkin S. V. Methods of experimental study of the performance characteristics of aspiration plants in woodworking industries // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 132–139.

При проектировании центробежных вентиляторов аспирационных систем для деревообрабатывающих станков важно правильно выбрать рабочую частоту вращения рабочего колеса. Необходимо обеспечить требуемую производительность, напор, а также максимально возможный КПД [1]. Кроме того, на практике имеют место случаи, когда для увеличения производительности и напора электродвигатель привода вентилятора заменяют на двигатель большей частоты вращения. При этом не учитывают мощность электродвигателя и устанавливают двигатель той же мощности либо незначительно выше. С увеличением частоты вращения вентилятора потребляемая мощность возрастает не прямо пропорционально, а в степенной зависимости. Это приводит к быстрому перегреву электродвигателя и к аварийному отказу.

Целью исследований является выявление зависимости мощности, развиваемой вентилятором ( $N_{\text{пол}}$ , Вт), развиваемого напора ( $H$ , Па), КПД установки ( $\eta$ , %) и производительности ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с) от частоты вращения рабочего колеса вентилятора. Схема экспериментальной установки показана на рис. 1, фотография установки – на рис. 2.

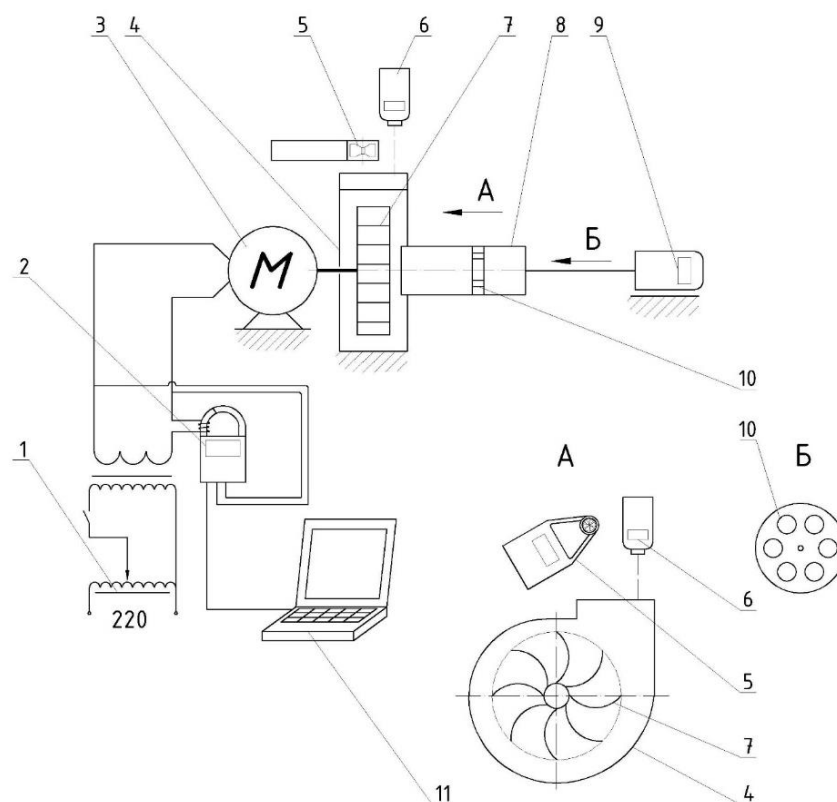


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки

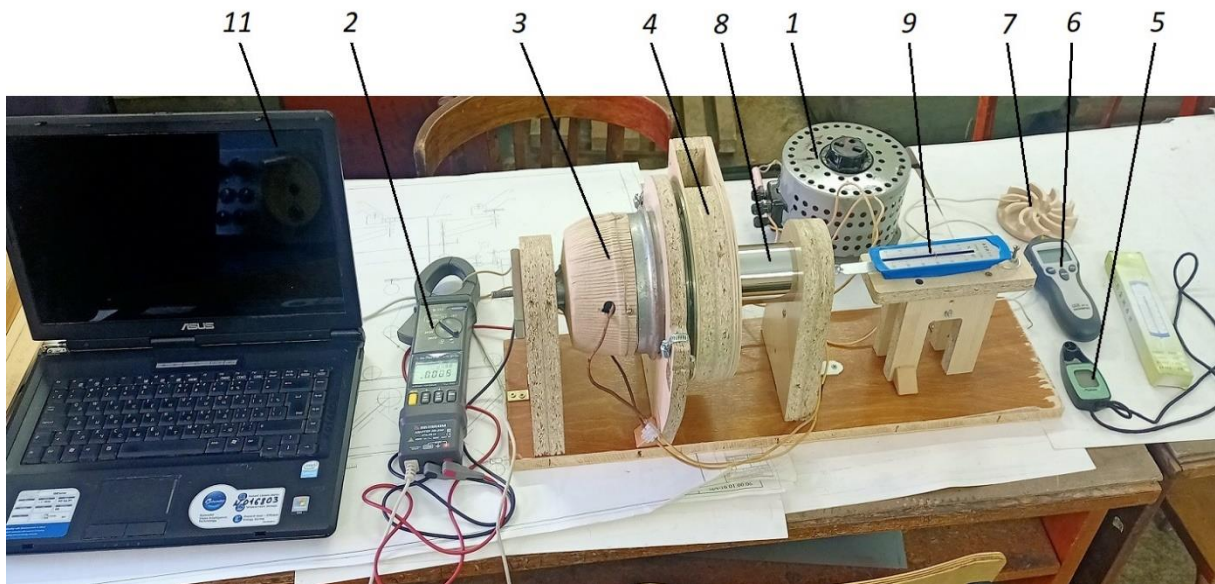


Рис. 2. Экспериментальная установка (общий вид установки)

На рис. 1 обозначено: 1 – лабораторный автотрансформатор (ЛАТР); 2 – токовые клещи АТК-21.04 (ваттметр); 3 – электродвигатель (привод вентилятора); 4 – корпус вентилятора; 5 – анемометр; 6 – тахометр АТ-8 (измерение частоты вращения); 7 – рабочее колесо вентилятора; 8 – воздуховод; 9 – динамометр; 10 – специальный клапан (рис. 3); 11 – персональный компьютер.

Описание экспериментальной установки и принцип ее работы представлены в работе [2]. На данной установке проведена серия пробных опытов с применением рабочего колеса с числом лопаток  $Z = 7$ . Опыты проводились на различной частоте вращения колеса. Каждый опыт дублировался 2 раза. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

По результатам измерений вычисляются следующие величины: развиваемый напор установки

$$H = \frac{F}{S}, \quad (1)$$

где  $F$  – усилие всасывания клапана (поршня), определяемая по динамометру, Н;

$S$  – площадь сечения клапана (поршня),  $m^2$ .

Специальный клапан (поршень) 10 выполнен в виде цилиндрического диска с шестью отверстиями, через которые проходит воздух. Площадь сечения клапана  $S$  (поршня) (рис. 3) определяется по формуле

$$S = \frac{\pi D^2}{4} - 6 \frac{\pi d^2}{4}, \quad (2)$$

где  $D = 0,056$  м – диаметр клапана;



$d = 0,012$  м – диаметр отверстия клапана;  
 $6$  – количество отверстий клапана.

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,056^2}{4} - 6 \frac{3,14 \cdot 0,012^2}{4} = 0,0018 \text{ м}^2.$$

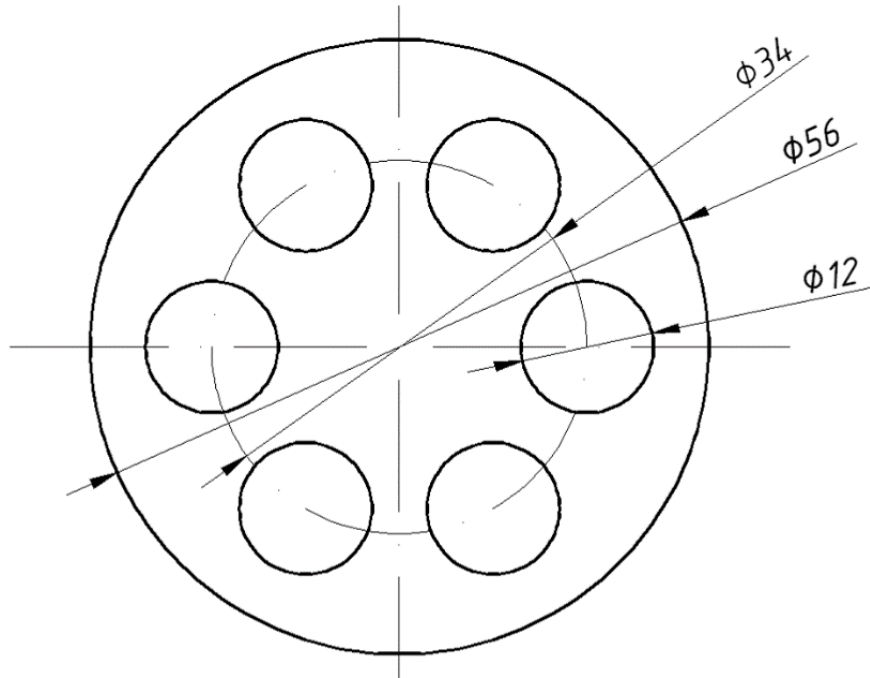


Рис. 3. Размеры клапана

Производительность установки определяется выражением

$$Q = S_{\text{вых}} V, \quad (3)$$

где  $V$  – скорость воздуха на выходе, м/с;

$S_{\text{вых}}$  – площадь поперечного сечения воздуховода на выходе, м<sup>2</sup>.

Воздуховод на выходе имеет прямоугольное сечение размером  $60 \times 32$  мм. Таким образом,  $S_{\text{вых}} = 0,00192$  м<sup>2</sup>.

Мощность, развиваемая вентилятором, определяется по формуле

$$N_{\text{пол}} = HQ, \quad (4)$$

$$\text{КПД вентилятора: } \eta = \frac{N_{\text{пол}}}{N} 100, \quad (5)$$

где  $N$  – потребляемая мощность привода вентилятора, Вт, определяемая в ходе эксперимента при помощи токовых клещей (поз. 2, рис. 1 и 2).

Таблица 1

Результаты измерений по испытанию установки  
при использовании рабочего колеса с числом лопаток  $Z = 7$

№ опыта	Частота вращения рабочего колеса, мин <sup>-1</sup>			Скорость воздуха $V_{cp}$ , м/с	Мощность привода вентилятора $N$ , Вт	Сила всасывания на входе $F$ , Н
	$n_1$	$n_2$	$n_{cp}$			
1	3731,4	3732,0	3731,70	6,50	16	0,25
2	4578,7	4571,9	4575,30	8,06	24	0,35
3	5345,6	5338,3	5341,95	9,61	32	0,50
4	6258,5	6251,4	6254,95	11,25	46	0,70
5	7013,8	7012,0	7012,90	12,58	60	0,90
6	7806,6	7806,2	7806,40	13,89	78	1,10
7	8318,9	8309,0	8313,95	15,00	92	1,25
8	9219,9	9212,4	9216,15	16,81	118	1,50
9	9647,7	9655,2	9651,45	17,78	152	1,70
10	10188,0	10185,0	10186,50	18,67	174	1,90
11	10730,0	10720,0	10725,00	19,78	194	2,10
12	11298,0	11279,0	11288,50	20,56	224	2,30
13	11730,0	11763,0	11746,50	21,67	254	2,50

По результатам измерений были рассчитаны по формулам (1)–(5) следующие величины: развиваемый напор  $H$  установки, производительность установки  $Q$ , мощность, развиваемая вентилятором  $N_{пол}$ , КПД вентилятора [3]. Данные расчетов приведены в табл. 2. По результатам эксперимента построены графики зависимости производительности ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с), напора ( $H$ , Па), мощности, развиваемой вентилятором ( $N_{пол}$ , Вт), и КПД от частоты вращения рабочего колеса (рис. 4–7) для рабочего колеса с числом лопастей  $Z = 7$ .

Таблица 2

Результаты расчетов по испытанию установки  
при использовании рабочего колеса с числом лопастей  $Z = 7$

№ опыта	Частота вращения рабочего колеса $n_{cp}$ , мин <sup>-1</sup>	Производительность установки, $Q$ , м <sup>3</sup> /мин	Напор вентилятора, $H$ , Па	Мощность привода вентилятора $N$ , Вт	Мощность, развиваемая вентилятором $N_{пол}$ , Вт	КПД, %
1	2	3	4	5	6	7
1	3731	0,75	140,1	16	1,7	10,9
2	4575	0,93	196,1	24	3,0	12,6
3	5341	1,11	280,2	32	5,2	16,2
4	6254	1,30	392,3	46	8,5	18,4
5	7012	1,45	504,4	60	12,2	20,3
6	7806	1,60	616,4	78	16,4	21,1

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
7	8313	1,73	700,5	92	20,2	21,9
8	9216	1,94	840,6	118	27,1	23,0
9	9651	2,05	952,7	152	32,5	21,4
10	10186	2,15	1064,8	174	38,2	21,9
11	10725	2,28	1176,8	194	44,7	23,0
12	11288	2,37	1288,9	224	50,9	22,7
13	11746	2,50	1401,0	254	58,3	22,9

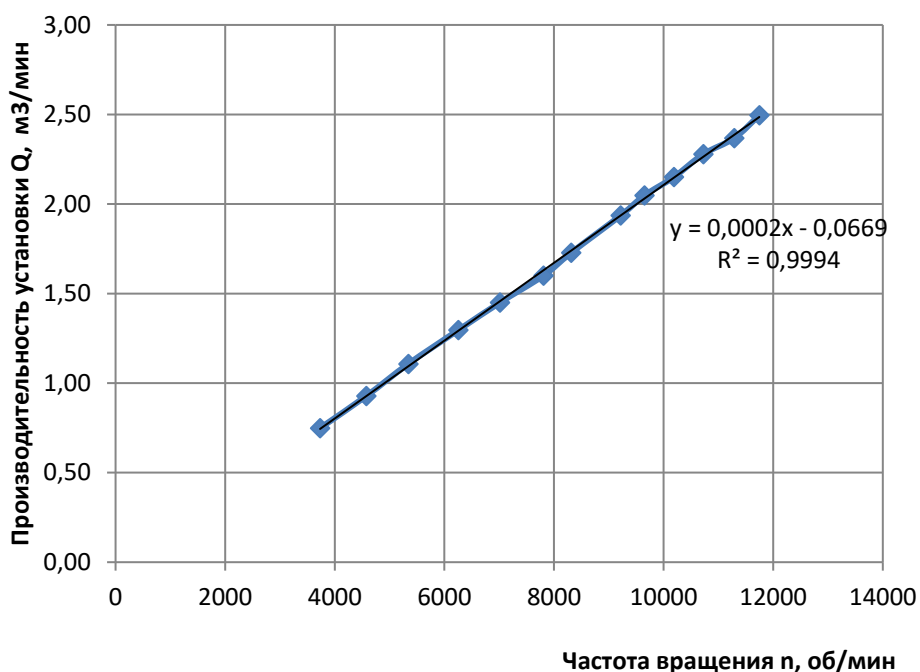


Рис. 4. График зависимости производительности установки от частоты вращения вентилятора

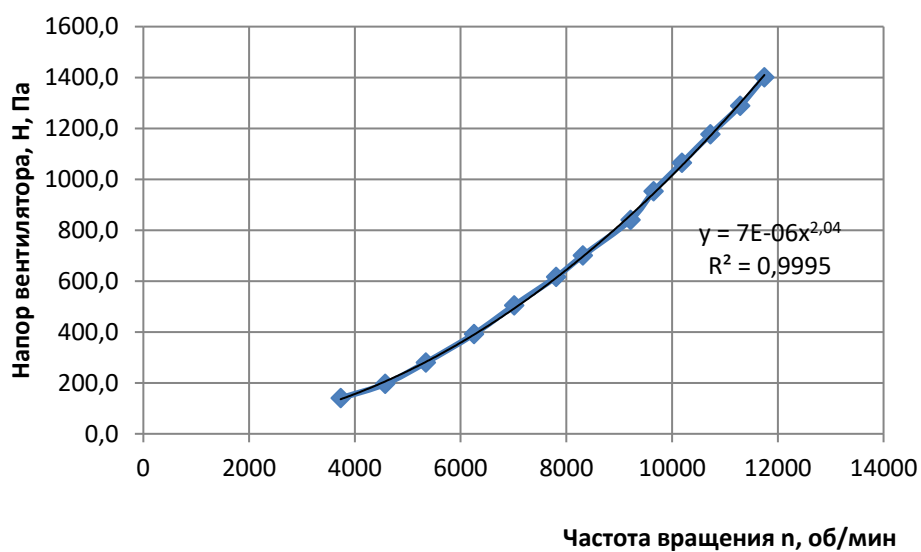


Рис. 5. График зависимости напора вентилятора от частоты вращения

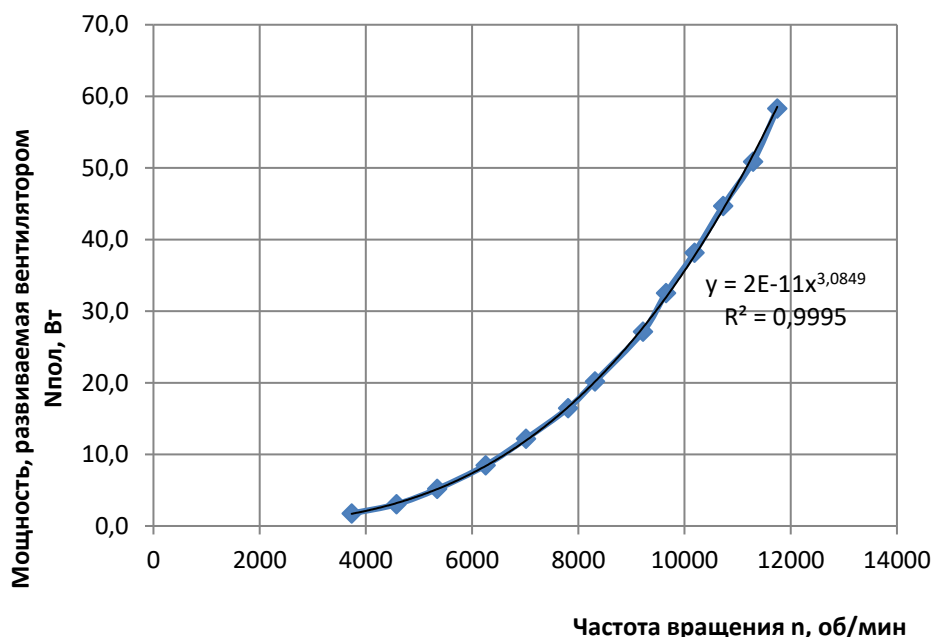


Рис. 6. График зависимости мощности, развиваемой вентилятором, от частоты вращения

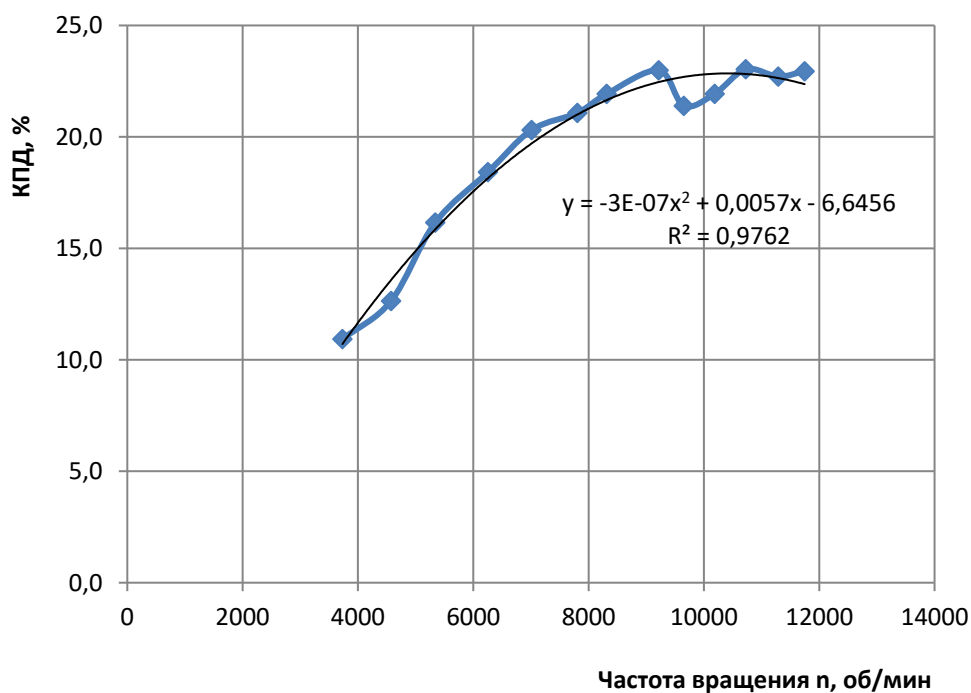


Рис. 7. График зависимости КПД установки от частоты вращения

По результатам эксперимента можно сделать следующие выводы.

1. С увеличением частоты вращения производительность вентилятора аспирационной установки возрастает прямо пропорционально частоте вращения рабочего колеса, а развиваемый напор вентилятора от частоты вращения находится в квадратичной зависимости.

2. КПД установки во время проведения эксперимента изменялся в пределах от 11 до 23 % и с увеличением частоты вращения рабочего колеса возрастал до определенного предела, а затем начинал снижаться.

3. Данная методика экспериментального исследования рабочих характеристик аспирационных установок деревообрабатывающих производств позволяет проводить ряд экспериментов с другим числом лопастей рабочего колеса, например  $Z = 3$ ,  $Z = 5$ ,  $Z = 9$ , а также получать рабочие характеристики с другой формой лопаток рабочего колеса.

## Список источников

1. Глебов И. Т., Сулинов В. И., Хакимова С. Я. Пневмотранспорт деревообрабатывающих предприятий : учебное пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. акад., 2000. 156 с.

2. Пестов И. Е., Щепочкин С. В. Аспирационная установка для исследования рабочих характеристик центробежных вентиляторов для деревообрабатывающих производств // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России. Екатеринбург, 2023. С. 459–463.

3. Щепочкин С. В. Испытание аспирационных автономных установок для деревообрабатывающих станков : метод. указ. для лабораторных занятий с обучающимися направления «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» / Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2019. 11 с.

## References

1. Glebov I. T., Sulinov V. I., Khakimova S. Ya. Pneumatic transport of wood-working enterprises : Tutorial. Yekaterinburg : Ural. state forest engineering acad.; LLC firm "TELSI", 2000. 156 p.

2. Pestov I. E., Shchepochkin S. V. Aspiration unit for studying the performance characteristics of centrifugal fans for woodworking industries // Scientific creativity of youth – the forest complex of Russia // Ural State Forest Engineering University. Yekaterinburg, 2023. P. 459–463. (in Russ.)

3. Shchepochkin S. V. Testing autonomous aspiration units for woodworking machines: guidelines for laboratory classes with students in the direction "Technology of logging and wood processing industries" / Ural State Forest Engineering University. Yekaterinburg, 2019. 11 p.

ДРЕВЕСНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

WOOD COMPOSITES

Научная статья

УДК 678

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ  
ГИДРОФОБИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шаноза Раджамадовна Мамадгулова<sup>1</sup>, Евгений Евгеньевич Воронцов<sup>2</sup>,  
Алексей Евгеньевич Шкуро<sup>3</sup>, Виктор Владимирович Глухих<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> mamadgulovas@mail.ru

<sup>2</sup> vorontsovee@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> shkuruae@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> gluhihvv@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Композиты с полимерной фазой простых эфиров целлюлозы и лигноцеллюлозными наполнителями характеризуются высокими показателями физико-механических свойств и высокой степенью к биоразложению в грунте. Для повышения водостойкости таких композитов применяются различные гидрофобизаторы. Целью настоящей работы являлось определение закономерности влияния компонентного состава гидрофобизатора на его температуру плавления. В результате проведения исследования было установлено, что все исследуемые компоненты гидрофобизирующих покрытий для полимерных композиционных материалов увеличивают температуру плавления композиции.

**Ключевые слова:** температура плавления, полимерные композиционные материалы, водостойкость, гидрофобизаторы

**Для цитирования:** Исследование температуры плавления гидрофобизаторов для полимерных композиционных материалов / Ш. Р. Мамадгулова, Е. Е. Воронцов, А. Е. Шкуро, В. В. Глухих // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 140–145.

Scientific article

## INVESTIGATION OF THE MELTING TEMPERATURE OF HYDROPHOBIZERS FOR POLYMER COMPOSITE MATERIALS

Shanoza R. Mamadgulova<sup>1</sup>, Evgeny E. Vorontsov<sup>2</sup>, Alexei E. Shkuro<sup>3</sup>, Viktor V. Glukhikh<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> mamadgulovas@mail.ru

<sup>2</sup> vorontsovee@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> shkuruae@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> gluhihvv@m.usfeu.ru

**Abstract.** Composites with a polymeric phase of cellulose ethers and lignocellulosic fillers are characterized by high physical and mechanical properties and a high degree of biodegradation in soil. To improve the water resistance of such composites, various water repellents are used. The purpose of this work was to establish patterns of influence of the component composition of the water repellent on its melting point. As a result of the study, it was found that all the studied components of hydrophobic coatings for polymer composite materials increase the melting point of the composition.

**Keywords:** melting point, polymer composite materials, water resistance, water repellents

**For citation:** Investigation of the melting temperature of water repellents for polymer composite materials / Sh. R. Mamadgulova, E. E. Vorontsov, A. E. Shkuro, V. V. Glukhikh // Woodworking : technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 140–145.

Композиты с полимерной фазой простых эфиров целлюлозы и лигноцеллюлозными наполнителями демонстрируют высокие показатели физико-механических свойств и способность к биоразложению в грунте [1]. Основной проблемой, препятствующей их применению в промышленности, является низкая водостойкость. Перед научным сообществом стоит нетривиальная задача создания гидрофобизирующего состава, способного обеспечить рассматриваемым композитам водостойкость на уровне композитов с полимерными фазами крупнотоннажных синтетических термопластов и в то же время сохранить биodeградируемость материала на высоком уровне. Сочетание этих требований заставляет исследователей обращать первоочередное внимание на гидрофобизаторы природного происхождения.

Стеариновая кислота – один из видов насыщенных жирных кислот в природе – часто используется для повышения гидрофобности упаковочных материалов для пищевых продуктов [2].

Парафин является производным сырой нефти, состоящим из сложных смесей углеводородов, которые находят множество промышленных применений, например в производстве свечей, покрытий для древесины, добавок к пластмассам и резине [3].

Желатин – это натуральный белок, получаемый в результате частичного гидролиза коллагена из тел животных. Благодаря низкой стоимости, изобилию, биосовместимости, биоразлагаемости и функциональным свойствам желатин является одним из наиболее универсальных биоматериалов, используемых в пищевых продуктах, фармацевтических и медицинских отраслях промышленности [4].

Канифоль представляет собой смолу хвойных деревьев, которая очищается по особой технологии. Канифоль находит широкое применение в пищевой и фармацевтической областях.

Клей мездровый – это белковый продукт, получаемый путем переработки коллагенсодержащего сырья (обрезков кож и т. д.). Мездровый клей очень активно используют в деревообрабатывающей, бумажной и мебельной промышленности.

Льняное масло является наиболее широко используемой натуральной олифой и основным ингредиентом печатных красок и лакокрасочных материалов.

В процессе производства полиэтиленовых гранул побочным продуктом является полиэтиленовый воск [5]. Материал применяется во множестве отраслей: в производстве клеевых расплавов, древесно-полимерных композитов, добавок, красок, дорожных модификаторов и покрытий.

Целью настоящей работы являлось установление закономерности влияния компонентного состава гидрофобизатора на его температуру плавления. В задачи исследования входили получение составов с различным содержанием природных гидрофобизаторов, оценка однородности их расплавов и растворимости в этиловом спирте.

Для получения гидрофобизирующих составов использовались следующие компоненты: полиэтиленовый воск (ПВ-200 производства ООО «Русский воск»), стеариновая кислота (ГОСТ 6484–96), парафин (ГОСТ 23683–2021), желатин пищевой (ГОСТ 11293–2017), канифоль (ГОСТ 19113–84), мездровый клей (ГОСТ 3252–80) и льняное масло (ГОСТ 5791–81).

Для определения характера влияния компонентного состава гидрофобизатора на температуру его плавления был составлен и реализован план эксперимента Плэккетта – Бермана. Матрица планирования эксперимента с натуральными значениями факторов представлена в табл. 1.

Температура плавления гидрофобизирующих составов определялась по следующей методике: взвешивание компонентов проводилось на технических весах, затем осуществлялось смешение компонентов вручную, после чего композицию нагревали в фарфоровом стакане на песчаной бане на элект-



трической плите. Для измерения температуры смеси использовался портативный контактный термометр TP3001. За температуру плавления принимали температуру полного перехода смеси в жидкое состояние.

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента с натуральными значениями факторов

№ опыта	Содержание компонента, мас. %						
	ПЭ-воск	Стеарин	Парафин	Желатин	Кани-фоль	Мездровый клей	Льняное масло
1	0,0	44,4	44,4	0,0	0,0	11,1	0,0
2	0,0	66,7	0,0	0,0	16,7	0,0	16,7
3	25,0	25,0	25,0	6,3	6,3	6,3	6,3
4	44,4	44,4	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0
5	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	16,7
6	0,0	0,0	66,7	16,7	0,0	0,0	16,7
7	0,0	0,0	0,0	33,3	33,3	33,3	0,0
8	0,0	0,0	80,0	0,0	20,0	0,0	0,0

Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты эксперимента

№ опыта	Температура плавления, °С	Цвет расплава	Характеристика однородности расплава	Растворимость гидрофобизатора в спирте
1	79	Желтый	Однородный	Нерастворим
2	70	Желтый	Однородный	Нерастворим
3	90	Желтый	Однородный	Малорастворим
4	90	Желтый	Однородный	Нерастворим
5	93	Желтый	Неоднородный	Малорастворим
6	90	Желтый	Неоднородный	Малорастворим
7	200	Желтый	Неоднородный	Малорастворим
8	80	Желтый	Однородный	Нерастворим

Полученные образцы гидрофобизаторов плохо растворимы в этиловом спирте. Наиболее однородные смеси растворяются несколько лучше неоднородных.

По результатам анализа экспериментальных данных было получено уравнение регрессии, описывающее влияние входных факторов на температуру плавления, с доверительной вероятностью  $P \geq 0,95$  и коэффициентом

детерминации  $R^2 \geq 0,99$ . Регрессионная статистика разработанной экспериментально-статистической модели представлена в табл. 3.

Таблица 3

Регрессионная статистика разработанной экспериментально-статистической модели

№	Компонент	Коэффициент в уравнении регрессии $b$	Стандартная ошибка	P-значение
1	ПЭ-воск	0,84	0,08	0,01
2	Стеарин	0,63	0,06	0,01
3	Парафин	0,66	0,05	0,01
4	Желатин	2,51	0,22	0,01
5	Канифоль	1,44	0,21	0,02
6	Мездровый клей	2,07	0,25	0,01

Установлено, что все исследуемые компоненты гидрофобизирующих покрытий для полимерных композиционных материалов увеличивают температуру плавления композиции. По величине коэффициентов  $b$  в итоговом уравнении регрессии можно сделать вывод о том, что наименьший вклад в величину температуры плавления гидрофобизатора вносят полиэтиленовый воск ( $b = 0,84$ ), стеариновая кислота ( $b = 0,63$ ) и парафин ( $b = 0,66$ ); наибольший – желатин ( $b = 2,51$ ), канифоль ( $b = 1,44$ ) и мездровый клей ( $b = 2,07$ ).

Установленные в результате исследования закономерности влияния состава композиций гидрофобизатора в дальнейшем планируется использовать для получения водостойких покрытий для полимерных композиционных материалов с полимерной фазой простых эфиров целлюлозы.

## Список источников

1. Влияние содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы на свойства композиционных материалов / Ш. Р. Мамадгулова, А. Е. Шкуро, П. С. Захаров, В. В. Глухих // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. С. 492–497.

2. Preparation of cost-effective and hydrophobic freshness indicating labels based on passion fruit peel powder and stearic acid / Y. Dawei, L. Chenchen, W. Zeyu [et al] // Food Bioscience : 2023. Vol. 53. P. 102758. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102758>.

3. Encapsulation of paraffin-magnetite, paraffin, and polyethylene glycol in concretes as thermal energy storage / A. P. Tetuko, A. M. S. Sebayang, A. Fachredzy [et al] // Journal of Energy Storage : 2023. Vol. 68. P. 107684. URL: <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107684>.

4. Gelatin as a bioactive nanodelivery system for functional food applications / Y. Tan, Y. Zi, J. Peng [et al.] // *Food Chemistry : electronic journal* : 2023. Vol. 53. P. 136265. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136265>.

5. Alternative liquid fuel from pyrolysis of polyethylene wax / C. Chaiyan, P. Nattamon, B. Butsayaporn, C. Benjapon // *Energy Reports* : 2020. Vol. 6. P. 1262–1267. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720314700>.

## References

1. Influence of the content of carboxymethyl cellulose and ethyl cellulose on the properties of composite materials / Sh. R. Mamadgulova, A. E. Shkuro, P. S. Zakharov, V. V. Glukhikh // *Effective response to modern challenges, taking into account the interaction of man and nature, human and technology: socio-economic and environmental problems of the forest complex*. Yekaterinburg : USFEU, 2023. P. 492–497. (in Russ.)

2. Preparation of cost-effective and hydrophobic freshness indicating labels based on passion fruit peel powder and stearic acid / Y. Dawei, L. Chenchen, W. Zeyu [et al.] // *Food Bioscience: electronic journal*. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102758>. 2023. T. 53. S. 102758.

3. Encapsulation of paraffin-magnetite, paraffin, and polyethylene glycol in concretes as thermal energy storage / A. P. Tetuko, A. M. S. Seba-yang, A. Fachredzy [et al.] // *Journal of Energy Storage: electronic journal*. URL: <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107684>. 2023. T. 68. P. 107684.

4. Gelatin as a bioactive nanodelivery system for functional food applications / Y. Tan, Y. Zi, J. Peng [et al.] // *Food Chemistry : electronic journal*. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136265>. 2023. T. 423. C. 136265.

5. Alternative liquid fuel from pyrolysis of polyethylene wax / C. Chaiyan, P. Nattamon, B. Butsayaporn, C. Benjapon // *Energy Reports : electronic journal*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720314700>. 2020. T. 6. P. 1262–1267.

Научная статья  
УДК 678

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
СИНТЕТИЧЕСКОЙ КАМФОРЫ  
В КАЧЕСТВЕ ПЛАСТИФИКАТОРА ДЛЯ АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

**Кристина Алексеевна Усова<sup>1</sup>, Евгений Евгеньевич Воронцов<sup>2</sup>, Алексей Евгеньевич Шкуро<sup>3</sup>, Виктор Владимирович Глухих<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> usovaka@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> vorontsovee@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> shkuruae@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> gluhihvv@m.usfeu.ru

***Аннотация.*** В данной работе исследовано влияние трибутилфосфата и синтетической камфоры на показатель текучести расплава пластифицированного ацетат целлюлозы.

***Ключевые слова:*** трибутилфосфат, синтетическая камфора, показатель текучести расплава, триацетин, ацетата целлюлозы

***Для цитирования:*** Исследование возможности применения синтетической камфоры в качестве пластификатора для ацетата целлюлозы / К. А. Усова, Е. Е. Воронцов, А. Е. Шкуро, В. В. Глухих // Деревообработка : технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 146–149.

Scientific article

**STUDY OF THE POSSIBILITY OF SYNTHETIC  
CAMPHOR USE AS A PLASTICIZER FOR CELLULOSE ACETATE**

**Kristina A. Usova<sup>1</sup>, Evgeny E. Vorontsov<sup>2</sup>, Aleksey E. Shkuro<sup>3</sup>, Viktor V. Glukhikh<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> usovaka@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> vorontsovee@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> shkuruae@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> gluhihvv@m.usfeu.ru

***Abstract.*** In this paper, the effect of tributyl phosphate and synthetic camphor on the fluidity index of the melt of plasticized cellulose acetate was studied.

**Keywords:** tributyl phosphate, synthetic camphor, melt flow index, triacetin, cellulose acetate

**For citation:** Investigation of the possibility of using synthetic camphor as a plasticizer for cellulose acetate / K. A. Usova, E. E. Vorontsov, A. E. Shkuro, V. V. Glukhikh // Woodworking : technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. p. 146–149.

Для повышения подвижности и гибкости структурных элементов таких жесткоцепных полимеров, как эфироцеллюлозные пластики, в их состав вводят пластификаторы, представляющие собой органические соединения, не вступающие в химическую реакцию с эфирами целлюлозы и придающие эфироцеллюлозным пластикам пластичность, увеличивающие интервал высокоэластичного состояния, улучшающие морозостойкость [1].

Поскольку ацетат целлюлозы (АЦ) является хрупким и термически разлагается до того, как достигнет точки размягчения, пластификация необходима для снижения температуры стеклования полимерной матрицы и улучшения физических свойств. На заре производства АЦ было испытано множество добавок в попытке найти эффективные пластификаторы. Основными характеристиками подходящих пластификаторов являются совместимость с полимером и стойкость в матрице [2].

Простые триглицериды, такие как триацетин, используются для ускорения скорости разложения. Высокая температура кипения триацетина может снизить потери пластификатора при обработке расплава.

Считается, что АЦ и продукты его деградации безопасны для окружающей среды, однако миграция некоторых распространенных пластификаторов АЦ, особенно фосфатов, может оказать негативное влияние на наше здоровье и окружающую среду [3, 4]. В результате растет интерес к использованию пластификаторов на биологической основе, характеризующихся низкой токсичностью или отсутствием токсичности, устойчивостью и доступностью.

Таким пластификатором может быть камфора. Камфора широко распространена в природе, входит в состав многих эфирных масел. В промышленности получают синтетическую камфору из скипидара ( $\alpha$ -пинена). Широко применяется как пластификатор для нитрата целлюлозы и в качестве добавки к бездымному пороху для улучшения его стабильности и стойкости к внешним воздействиям [5].

Целью данной работы являлось изучение возможности применения синтетической камфоры в качестве замены токсичных органических эфиров ортофосфорной кислоты, используемых в качестве пластификаторов для триацетата целлюлозы. В задачи исследования входило получение серии образцов пластифицированного ацетата целлюлозы с различным содержанием синтетической камфоры и установление закономерностей влияния ее содержания на показатель текучести расплава АЦ.

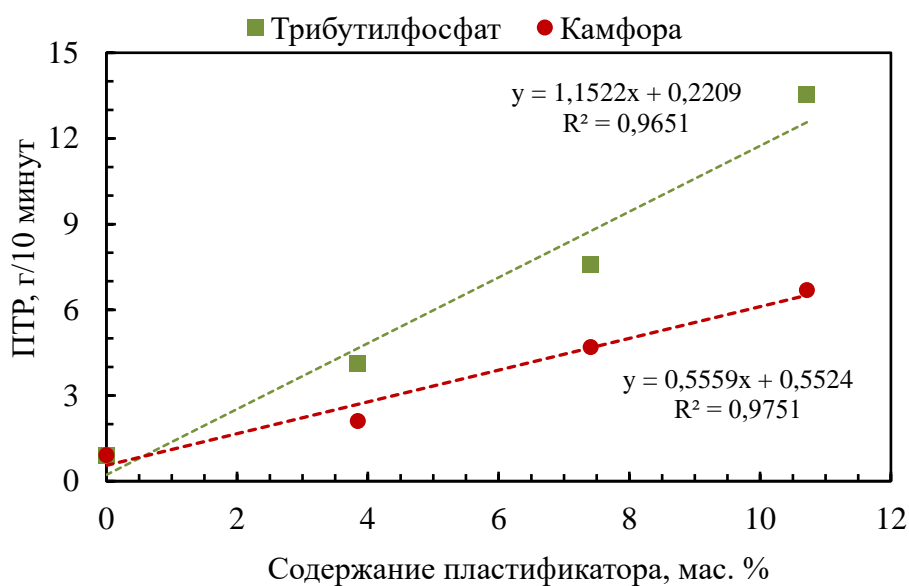
В качестве основного сырья был использован триацетат целлюлозы (на основе хлопковой целлюлозы; ТУ 6-05-943–75). В качестве пластификаторов использовались триацетат глицерина (триацетин; ТУ 2435-070-00203521– 2001), трибутиловый эфир фосфорной кислоты (трибутилфосфат, ТБФ; ТУ 18-09-8783–87) и камфора синтетическая (ГОСТ 20490–75).

Для исследования влияния содержания пластификаторов на текучесть (вязкость) расплава АЦ была получена серия композиций согласно следующим рецептурам (таблица).

Рецептуры исследованных композиций

№ опыта	Содержание компонента, мас. %			
	Ацетат целлюлозы	Триацетин	Трибутилфосфат	Камфора
1	80,0	20,0	0,0	0,0
2	76,9	19,2	3,8	0,0
3	74,1	18,5	7,4	0,0
4	71,4	17,9	10,7	0,0
5	80,0	20,0	0,0	0,0
6	76,9	19,2	0,0	3,8
7	74,1	18,5	0,0	7,4
8	71,4	17,9	0,0	10,7

Показатель текучести расплава (ПТР) используемых в работе полимерных материалов определялся при температуре 190 °С и нагрузке 5,0 кг на приборе ИИРТ-А по ГОСТ 11645–73. Результаты определения ПТР пластифицированного ацетата целлюлозы представлены на рисунке.



Результаты определения показателя текучести расплава образцов пластифицированного ацетата целлюлозы

В результате проведения исследования были установлены закономерности влияния содержания пластификаторов на текучесть расплава АЦ. Изменение содержания трибутилфосфата влияет на ПТР ацетата целлюлозы линейно согласно уравнению регрессии  $y = 1,1522x + 0,2209$  с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,9651$ . Для зависимости текучести расплава АЦ от содержания синтетической камфоры характерна линейная регрессия вида  $y = 0,559x + 0,5524$  с коэффициентом  $R^2 = 0,9751$ .

Обе зависимости обладают высокой точностью описания экспериментальных данных физической модели. Для обоих пластификаторов с увеличением их содержания наблюдается рост текучести расплава. Судя по тангенсу угла наклона, использовать трибутилфосфат в два раза эффективнее в качестве пластификатора. Полученные данные свидетельствуют о возможности замены токсичного трибутилфосфата на синтетическую камфору при переработке ацетата целлюлозы и композитов на его основе.

## Список источников

1. Новые пластификаторы для эфиров целлюлозы / С. А. Искандерова и др. // Пластические массы. 2020 . № 1–2 . С. 15–16.
2. Assessment of the composition and condition of animation cels made from cellulose acetate / M. T. Giachet [et al.] // Polymer Degradation and Stability. 2014. Vol. 107. P. 223–230.
3. Yadav N., Hakkarainen M. Degradable or not? Cellulose acetate as a model for complicated interplay between structure, environment and degradation // *Chemosphere*. 2021 Vol. 265. P. 1–9.
4. Кудрявцев А. Д., Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Исследование физико-механических свойств ацетилцеллюлозных этролов // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 12. С. 28–31.
5. Нейланд О. Я. Органическая химия. М. : Высшая школа, 1990. 751 с.

## References

1. New plasticizers for cellulose ethers / S. A. Iskanderova [et al.] // Plastic masses. 2020. No. 1–2. P. 15–16. (in Russ.)
2. Assessment of the composition and condition of animation cels made from cellulose acetate / M. T. Giachet [et al.] // Polymer Degradation and Stability. 2014. Vol. 107. P. 223–230.
3. Yadav N., Hakkarainen M. Degradable or not? Cellulose acetate as a model for complicated interplay between structure, environment and degradation // *Chemosphere*. 2021 Vol. 265. P. 1–9.
4. Kudryavtsev A.D., Shkuro A. E., Krivonogov P. S. Investigation of physico-mechanical properties of acetylcellulose etrols // Bulletin of the Technological University. 2019. Vol. 22. No. 12. P. 28–31. (in Russ.)
5. Neyland O. Ya. Organic chemistry. Moscow : Higher school, 1990. 751 p.

Научная статья  
УДК 674.81

**ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПРЕСС-СЫРЬЯ  
НА БИОРАЗЛАГАЕМОСТЬ ПЛАСТИКА БЕЗ СВЯЗУЮЩЕГО  
НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ БУКА**

**Анастасия Борисовна Якимова<sup>1</sup>, Николай Геннадьевич Власов<sup>2</sup>, Анна Сергеевна Ершова<sup>3</sup>, Артем Вячеславович Артемов<sup>4</sup>, Виктор Гаврилович Бурындин<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Артем Вячеславович Артемов,  
artemovav@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Выполненным исследованием показано влияние исходного пресс-сырья в виде опилок бука на потенциал биоразлагаемости пластика без связующего на их основе. Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что наиболее водостойкими являются образцы с влажностью 8 и 16 %.

**Ключевые слова:** пластик, пресс-сырье, бук, влажность, биоразлагаемость

**Для цитирования:** Влияние влажности пресс-сырья на биоразлагаемость пластика без связующего на основе древесины бука / А. Б. Якимова, Н. Г. Власов, А. Н. Ершова, А. В. Артемов, В. Г. Бурындин // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 150–155.

Scientific article

**INFLUENCE OF HUMIDITY OF PRESS RAW MATERIALS  
ON BIODEGRADABILITY OF PLASTIC WITHOUT BINDERS BASED  
ON BEECH WOOD**

**Anastasia B. Yakimova<sup>1</sup>, Nikolai G. Vlasov<sup>2</sup>, Anna S. Ershova<sup>3</sup>, Artyom V. Artyomov<sup>4</sup>, Viktor G. Buryndin<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Artyom V. Artyomov, artemovav@m.usfeu.ru

**Abstract.** The performed study shows the effect of the initial press raw materials in the form of beech sawdust on the biodegradability potential of plastic without a binder based on them. The results obtained allowed us to conclude that the most water-resistant are samples with a moisture content of 8 and 16 %.



**Keywords:** plastic, press raw materials, beech, humidity, biodegradability

**For citation:** Influence of press raw materials humidity on the biodegradability of plastic without a binder based on beech wood / A. B. Yakimova, N. G. Vlasov, A. N. Ershova, A. V. Artyomov, V. G. Buryndin // Woodworking : technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 150–155.

Результаты исследований [1] показали, что на качество ПБС наиболее значительно влияет исходная влажность пресс-материала. Было установлено [1], что наибольшая прочность, более высокая плотность изделий и меньшее водопоглощение достигается при использовании пресс-материала влажностью 8 и 16 % (допустимая влажность 17 %).

В процессе экспериментальных работ [2] установлено, что при повышении влажности измельченной древесины в пределах 0–30 % водопоглощение и разбухание образцов ПБС, полученных при температуре 185–200 °С, удельном давлении прессования 0,25 МПа и времени выдержки 2,5 мин/мм, уменьшаются.

В работах [3–4] выявлена закономерность, что на основе древесного сырья с различной влажностью невозможно получить ПБС, обладающие в равной степени высокими прочностными показателями и показателями по водостойкости.

Поэтому на первоначальном этапе изучения свойств ПБС на новом неисследованном пресс-сырье требуется установление закономерности влияния влажности на показатели прочности и водостойкости для определения рационального значения необходимой влажности пресс-сырья.

В настоящее время актуально использование в качестве сырья отходов от обработки древесины бука, так как сама исходная древесина по основным механическим характеристикам схожа с древесиной дуба. После сушки бук становится прочнее дуба, при изгибе и при ударных нагрузках превосходит его по жесткости и сопротивлению сдвигу на 20 % [5].

При этом сама древесина бука подвержена в процессе хранения «задыханию» в условиях высокой влажности и, как следствие, поражению «мраморной» гнилью. «Мраморная» гниль ухудшает физико-механические свойства буковой древесины. При появлении первых признаков данной гнили на древесине ее прочность статического изгиба снижается на 30 %, а сопротивление ударному изгибу – на 60 % [6].

Таким образом, отходы от механической обработки древесины бука можно рассматривать как источник сырья для получения ПБС, который за счет свойств исходной древесины будет обладать высокими физико-механическими показателями и при этом иметь потенциал к биологическому разрушению.

Целью данной работы являлось исследование влияния влажности исходного пресс-сырья в виде опилок бука на способность к биоразложению пластиков без связующих.

Для получения ПБС использовалось пресс-сырье в виде опилок бука (*Fagus sylvatica* L.) фракцией 0,7 мм и влажностью 8, 12 и 16 %.

Образцы ПБС были получены методом горячего компрессионного прессования в закрытой пресс-форме диаметром 90 мм. Толщина образцов ПБС составила 2 мм.

Условия получения образцов ПБС: давление – 40 МПа; температура – 180 °С; продолжительность прессования – 10 мин; продолжительность охлаждения под давлением – 10 мин. Кондиционирование полученных образцов осуществлялось в комнатных условиях в течение 24 ч.

Испытания на биоразлагаемость материалов на основе ПБС осуществлялось путем экспозиции образцов в виде квадратов 20 × 20 мм в почвогрунте. В качестве почвогрунта использовался компост для рассады (ТУ 0391-001-51540896–2002). Исследуемые образцы ПБС помещались в почвогрунт на глубину от 5 см в горизонтальном положении.

После внесения образцов в почвогрунт с целью оценки его биологической активности производилось его засеивание семенами травяно-смеси биологического этапа рекультивации нарушенных земель (ГОСТ Р 57446–2017). Первые всходы растений наблюдались на 3–4-е сутки после посева, что говорило о высокой активности почвенного грунта.

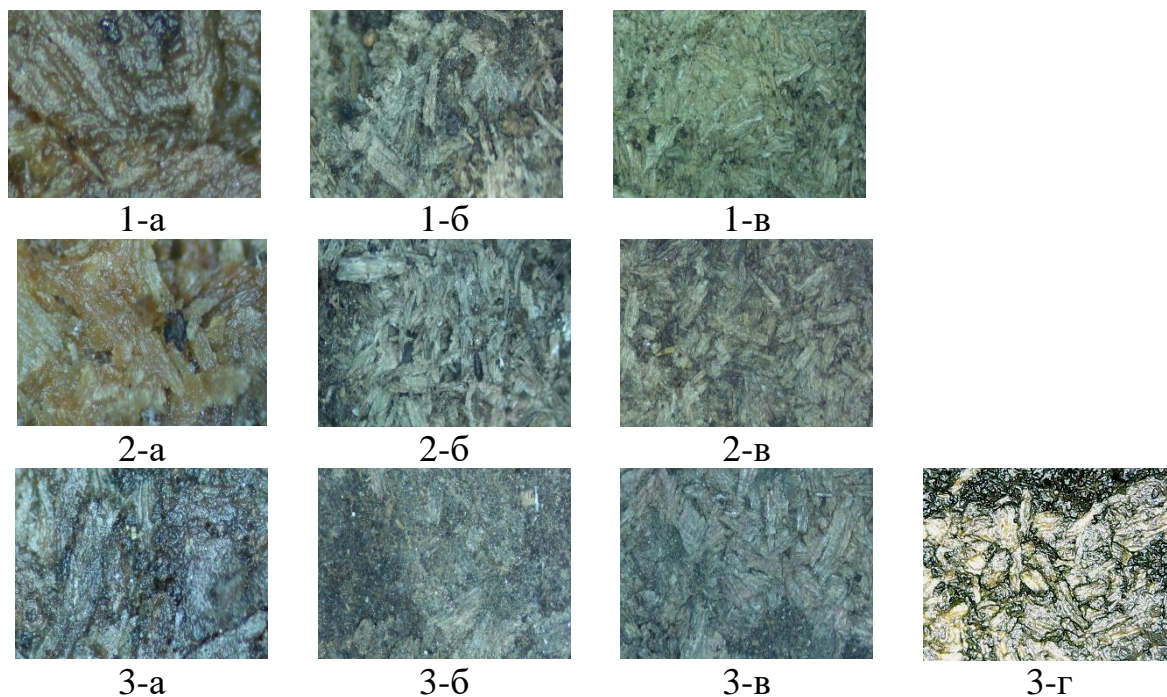
Продолжительность экспозиции образцов в почвогрунте при комнатной температуре (20 ± 2 °С) и влажности грунта 60 ± 5 % составило 120 сут. После 30, 60, 90 и 120 сут экспозиции образцы, изъятые из грунта, промывались и высушивались при комнатной температуре в течение суток. У высушенных образцов определялись масса и линейные размеры, осуществлялось микрофотографирование лицевой поверхности и бокового среза с помощью микроскопа «Микромед 3» (1х400).

Результаты изменения массы и толщины образцов ПБС при их экспозиции в почвогрунте представлены в таблице, результаты микрофотографирования – на рисунке.

**Результаты испытаний образцов ПБС на биоразложение**

№	Показатель	Продолжительность экспозиции в почвогрунте, сут	Влажность пресс-сырья, %		
			8	12	16
1	Изменение массы, %	30	99	133	120
		60	39	-38	54
		90	12	-73	6
		120	–*	–*	47
2	Изменение толщины, %	30	80	–*	125
		60	80	–*	78
		90	70	–*	78
		120	–*	–*	73

\* Образцы подверглись разрушению.



Микрофотографии лицевой поверхности образцов ПБС  
на пресс-сырье влажностью: 1 – 8; 2 – 12; 3 – 16 %  
после выдержки в почвогрунте: а – 30, б – 60, в – 90, г – 120 сут

По данным таблицы заметны резкие перепады значений. Это связано с влажностью почво-грунта во время проведения испытаний и измерений. На основании результатов исследований рациональной влажностью пресс-сырья на основе опилок бука, при которой получается ПБС с достаточно высокими прочностными свойствами и относительно хорошей водостойкостью, можно считать 8 и 16 %.

## Список источников

1. Минин А. Н. Технология термопьезопластиков. М. : Лесная промышленность, 1965. 296 с.
2. Плитные материалы и изделия из древесины и других одревесневших остатков без добавления связующих / В. Н. Петри [и др.]. М. : Лесная промышленность, 1976. 360 с.
3. Исследование влияния влажности пресс-сырья на физико-механические свойства пластиков без связующих на основе лиственницы / М. Е. Сафонова, А. Д. Герасимова, О. В. Быкова [и др.] // Лесозэксплуатация и комплексное использование древесины : сб. стат. Всерос. науч.-практ. конф., Красноярск, 10 марта 2021 г. Красноярск : Сиб. гос. ун-т науки и технологий им. акад. М. Ф. Решетнева, 2021. С. 209–213. EDN NSYHKВ.
4. Исследование влияния технологических факторов на показатели водостойкости пластиков без связующих на основе растительных остатков

сосны сибирской / Г. Р. Иштимирова, А. Е. Соловьева, А. В. Артемов, В. Г. Буриндин // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XVIII Всерос. (нац.) науч.-техн. конф., Екатеринбург, 04–15 апреля 2022 г. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2022. С. 587–591. EDN NSCFSY.

5. Курьшов Г. Н., Косарин А. А. Импульсная сушка пиломатериалов из древесины бука в конвективных сушильных камерах // Лесной вестник. 2018. Т. 22. № 2. С. 76–80. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-76-80.

6. Grosser D., Teetz W. Einheimische Nutzhölzer (Loseblattsammlung). Bonn: Informationsdienst Holz, Holzabsatzfond. Absatzförderungsfonds der deutschen Forstwirtschaft, 1998. ISSN 0446-2114.

## References

1. Minin A. N. Thermopiezoplastic technology. Moscow : Timber industry, 1965. 296 p.

2. Plate materials and products from wood and other calcified residues without the addition of binders / V.N. Petri [i dr.]. Moscow : Timber industry, 1976. 360 p.

3. Study of the influence of press raw material moisture on the physical and mechanical properties of plastics without binders based on larch / M. E. Safonova, A. D. Gerasimova, O. V. Bykova [et al.] // Forest exploitation and integrated use of wood: Collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, March 10, 2021. Krasnoyarsk: Siberian State University of Science and Technology named after Academician M. F. Reshetnev, 2021. P. 209–213. EDN NSYHKВ. (in Russ.)

4. Study of the influence of technological factors on the indicators of water resistance of plastics without binders based on plant residues of Siberian pine / G. R. Ishtimirova, A. E. Solovieva, A. V. Artemov, V. G. Buryndin. Russia : Proceedings of the XVIII All-Russian (National) Scientific and Technical Conference, Yekaterinburg, April 04–15, 2022. Yekaterinburg : Ural State Forestry Engineering University, 2022. P. 587–591. EDN NSCFSY. . (in Russ.)

5. Kuryshov, G. N., Kosarin A. A. Impulse drying of lumber from beech wood in convective drying chambers // Forestry Bulletin. 2018. Т. 22. No. 2. P. 76–80. DOI : 10.18698/2542-1468-2018-2-76-80. (in Russ.)

6. Grosser D., Teetz W. Native timber (loose leaf collection). Bonn : Informationsdienst Holz, Holzabsatzfond. Promotion of the German Forestry Fund, 1998. ISSN 0446-2114.

## Информация об авторах

А. Б. Якимова – студент, anastasiya\_yakimova02@mail.ru

Н. Г. Власов – бакалавр, sierra146888@gmail.com

А. С. Ершова – аспирант, [ershovaas@m.usfeu.ru](mailto:ershovaas@m.usfeu.ru)

А. В. Артемов – кандидат технических наук, [artemovav@m.usfeu.ru](mailto:artemovav@m.usfeu.ru)

В. Г. Буриндин – доктор технических наук, [buryndinvg@m.usfeu.ru](mailto:buryndinvg@m.usfeu.ru)

## **Information about the authors**

A. B. Yakimova – student, [anastasiya\\_yakimova02@mail.ru](mailto:anastasiya_yakimova02@mail.ru)

N. G. Vlasov – bachelor's degree, [sierra146888@gmail.com](mailto:sierra146888@gmail.com)

A. S. Ershova – graduate student, [ershovaas@m.usfeu.ru](mailto:ershovaas@m.usfeu.ru)

A. V. Artyomov – Candidate of Technical sciences, [artemovav@m.usfeu.ru](mailto:artemovav@m.usfeu.ru)

V. G. Buryndin – Doctor of Technical Sciences, [buryndinvg@m.usfeu.ru](mailto:buryndinvg@m.usfeu.ru)

Научная статья  
УДК 678

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЕАЭРАТОРА НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ЛИГНИНСОДЕРЖАЩЕЙ ФЕНОЛЬНОЙ ПЕНЫ

Илья Владимирович Тычинкин<sup>1</sup>, Олег Федорович Шишлов<sup>2</sup>, Виктор Владимирович Глухих<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> ilya.ty4inkin@yandex.ru

<sup>2</sup> o.shishlov@ucp.ru

<sup>3</sup> gluhihvv@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Данное исследование направлено на изучение влияния деаэратора ПМС-10000 на теплопроводность лигнинсодержащей фенольной пены. Фенольная пена была получена на основе лигнинсодержащей фенольной смолы с содержанием 10 % лигнина. Статья содержит сведения о свойствах резольной фенолформальдегидной смолы и деаэраторе ПМС-10000, а также метод определения теплопроводности теплоизоляционного материала. В ходе исследования было отмечено, что введение деаэратора ПМС-10000 в количестве 1 % от общей массы смолы в состав лигнинсодержащей фенольной пены увеличивает теплопроводность готового теплоизоляционного материала.

**Ключевые слова:** фенолформальдегидные смолы, лигнин, фенольная пена, деаэратор, теплопроводность материалов

**Для цитирования:** Тычинкин И. В., Шишлов О. Ф., Глухих В. В. Оценка влияния деаэратора на теплопроводность лигнинсодержащей фенольной пены // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 156–161.

Scientific article

## EVALUATION OF THE EFFECT OF THE DEAERATOR ON THE THERMAL CONDUCTIVITY OF LIGNIN-CONTAINING PHENOLIC FOAM

Ilya V. Tychinkin<sup>1</sup>, Oleg F. Shishlov<sup>2</sup>, Viktor V. Glukhikh<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> ilya.ty4inkin@yandex.ru

<sup>2</sup> o.shishlov@ucp.ru

<sup>3</sup> gluhihvv@m.usfeu.ru

**Abstract.** This study is aimed at studying the effect of the PMS-10000 deaerator on the thermal conductivity of lignin-containing phenolic foam. Phenolic foam was obtained on the basis of a lignin-containing phenolic resin with a content of 10 % lignin. The article contains information about the properties of the phenol–formaldehyde resin and the PMS-10000 deaerator as well as a method for determining the thermal conductivity of a thermal insulation material. During the study it was noted that the introduction of the PMS-10000 deaerator in the amount of 1 % of the total resin mass into the composition of lignin-containing phenolic foam increases the thermal conductivity of the finished thermal insulation material.

**Keywords:** phenol-formaldehyde resins, lignin, phenolic foam, deaerator, thermal conductivity of materials

**For citation:** Tychinkin I. V., Shishlov O. F., Glukhikh V. V. Evaluation of the effect of a deaerator on the thermal conductivity of lignin-containing phenolic foam // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 156–161.

Органические теплоизоляционные материалы в основном включают термопластичные и терморезактивные пенопласты, представленные пенополистиролом (ПС), поливинилхлоридом (ПВХ), пенополиуретаном (ППУ) и фенольной пеной (ФП) [1]. Они используются во многих отраслях (чаще в строительной) благодаря их хорошим теплоизоляционным свойствам, низкой плотности и относительно низкой стоимости, позволяя эффективно сокращать энергопотребление различных типов сооружений и достигать высокой эффективности по энергосбережению. Однако пены ПС, ПВХ и ППУ имеют относительно низкую температуру термостойкости, при горении выделяют дым и ядовитые газы, вызывая загрязнение окружающей среды и влияя на здоровье людей при пожарах [2].

Фенольная пена – это теплоизоляционный материал на основе фенольной смолы, образующийся путем расширения пузырьков вспенивающего агента и отверждения фенольной фенолформальдегидной смолы при нагревании под действием отвердителя [3]. Низкое дымовыделение, самозатухаемость, нетоксичность, хорошая термическая стабильность и огнестойкость по сравнению с таковыми у ПС, ПВХ и ППУ привлекает большое внимание потребителей и позволяет широко использовать фенольную пену в качестве изоляционного материала [4].

Однако данный материал, как и его предшественники, несовершенен и в настоящее время модификация фенольной пены в основном сосредоточена на повышении огнестойкости и ударопрочности, а также на снижении теплопроводности.

Так, при вспенивании фенольной пены на стадии смешения компонентов возможно большое включение воздуха в систему и увеличение теплопроводности готового материала. Для снижения количества пузырьков воздуха

в данной работе был использован деаэратор полиметилсилоксан (ПМС-10000).

## Методы и материалы

В работе использовали деаэратор полиметилсилоксан (ПМС-10000), который вводили в систему в количестве 1 % от общей массы смолы на стадии смешения компонентов.

Основные характеристики деаэратора полиметилсилоксана ПМС-10000 представлены ниже.

Внешний вид .....	Жидкость без запаха, вкуса и цвета, прозрачная
Плотность, г/см <sup>3</sup> .....	0,974
Содержание механических примесей .....	Отсутствует
Кинематическая вязкость, сСт .....	10 000
Температура застывания не выше, °С .....	-62
Температура вспышки в открытом тигле, не ниже, °С .....	315
Коэффициент преломления .....	1,4035
Поверхностное натяжение, кгс/м .....	21,3

Резольная фенолформальдегидная смола с содержанием 10 % лигнина для производства теплоизоляционных материалов была синтезирована в лаборатории научно-технического центра ПАО «Уралхимпласт».

В качестве лигнина использовали крафт-лигнин Lineo™ компании Stora Enso, который представляет собой аморфное порошкообразное вещество с плотностью 1,22–1,43 г/см<sup>3</sup>, с содержанием сухого вещества 92–96 %, светло-кремового или темно-коричневого цвета со специфическим запахом. Молекулярная масса 5150–10500 [5].

Основные характеристики резольной лигнинсодержащей фенолформальдегидной смолы представлены ниже.

Условная вязкость при 25 °С, сПз .....	3100
Массовая доля щелочи, % .....	0,57
Массовая доля нелетучих веществ (сухой остаток), % .....	79,2
Массовая доля свободного формальдегида, % .....	0,84
Массовая доля свободного фенола, % .....	0,7
Кислотность, рН .....	6,9–7,4

Для получения фенольной пены использовали резольную лигнинсодержащую фенолформальдегидную смолу, вспенивающий агент, отвердитель и модификатор, деаэратор ПМС-10000. Все компоненты перемешивали в смесителе, а затем загружали в термостатированный ящик и выдерживали при температуре 80 °С в течение 30 мин. Готовый блок фенольной пены оставляли на сутки под вытяжной вентиляцией для устранения запаха и окончательного отверждения.



Для изучения влияния деаэрата на теплопроводность фенольной пены из готового блока вырезали образцы размером 300x300x20 мм в количестве трех штук [6].

Для измерения теплопроводности образцов использовали прибор Lambda-Meter EP500e с горячей охранной зоной (GHP, Guarded Hot Plate),/ который предназначен для определения термического сопротивления и теплопроводности при стационарном тепловом режиме для различных строительных и конструкционных материалов методом контролируемых пластин (путем измерения электрической мощности, подаваемой на нагревательные элементы зоны измерения горячей плиты прибора) в соответствии с требованиями стандартов ISO 8302, ASTM C177, ГОСТ 7076.

Для перемещения средней части (верхней измерительной пластины) прибор оснащен подъемным механизмом с электроприводом, позволяющим производить измерение толщины установленного образца при заданной номинальной нагрузке либо перемещаться на заданную номинальную толщину в случае, когда производятся измерения образцов с очень низкой плотностью. Измерение толщины образца проводится согласно требованиям стандартов DIN 18164 и DIN 18165.

Конструкция прибора обеспечивает возможность проведения измерения образца без предварительного термостатирования, а также без использования внешних систем охлаждения и систем продувки рабочего пространства газами. Устранение торцевых стоков тепла обеспечено тремя охранными зонами, состоящими из двух зон нагревательных элементов, а также зоны из 12 элементов Пельтье с воздушным охлаждением, окружающими зону измерений с размерами 200 x 200 мм, расположенную в центре рабочей зоны прибора. Измерение температуры пластин проводится интегрально. Управление осуществляется через сенсорный дисплей.

Готовый образец укладывают на рабочую поверхность прибора и опускают верхнюю (подвижную пластину) до момента звукового сигнала прибора и срабатывания датчика измерения толщины образца. В программе вводят значение длины, ширины и толщины образца, а также интервал разности температур, в котором будет измеряться теплопроводность образца (по стандарту DIN 18164 и DIN 18165 15, 25, 40 °С соответственно). Влажность учитывается по ГОСТ Р ЕН 1604–2008. Затем в базу данных заносят наименование образца и количество повторений и запускают прибор. В процессе измерения отображаются текущее значение теплопроводности и отклонение измеренного значения в течение последних 15 мин измерения. Прибор замеряет теплопроводность образца при заданной температуре до тех пор, пока отклонение значения теплопроводности не будет в диапазоне 0–1. Измерив значения теплопроводности в каждом температурном интервале, прибор рассчитывает среднее значение, которое после окончания замеров выводится (записывается) в программе.

В ходе испытания образцов была рассчитана теплопроводность для образцов фенольной пены с содержанием в своем составе 1 % деаэрата ПМС-10000. Результаты теплопроводности стандартной фенольной пены, фенольной пены на основе лигнинсодержащей смолы без деаэрата и с его использованием представлены ниже.

	Теплопроводность, Вт/(м·К)
Стандартная фенольная пена .....	0,030
Лигнинсодержащая фенольная пена (10 % лигнина) .....	0,0317
Лигнинсодержащая фенольная пена с деаэратом (10 % лигнина) .....	0,0319

Полученные данные свидетельствуют о том, что с использованием деаэрата ПМС-10000, введенного в количестве 1 % на стадии смешения компонентов лигнинсодержащей фенольной пены, незначительно увеличивается теплопроводность готового теплоизоляционного материала. Однако это не будет отрицательно влиять на производство данного материала при условии, что деаэрат позволяет значительно увеличить прочность лигнинсодержащей фенольной пены, о чем подробно написано в статье [6].

## Выводы

1. Проведены испытания по изучению влияния деаэрата ПМС-10000 на теплопроводность лигнинсодержащей фенольной пены.
2. Установлено, что введение деаэрата ПМС-10000 в количестве 1 % на стадии смешения компонентов системы незначительно увеличивает теплопроводность готовой лигнинсодержащей фенольной пены.

## Список источников

1. Using lignin degraded to synthesize phenolic foams with excellent flame retardant property / Shuting Z., Xiaodong C., Zhitian F., Rui N., Xiaoli L., Yumei T. // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2023. P. 666. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.131373>
2. Effect of formaldehyde to phenol molar ratio on combustion behavior of phenolic foam / T. Kaihong, H. Xiaofeng, X. Guiqiu, T. Xiaojun, G. Tiejun, Z. Ailing // *Polimer Testing*. 2022. P. 111. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107626>
3. Nitrogen-doped carbon derived from composite of phenolic and amino foam: Effect of synthesis processes on physicochemical properties and super-capacitive performances / Na Z., Bin H., Haoyu G., Rui W., Jiawei S., KaiKai L., Haiyang J. // *Diamond and Related Materials*. 2022. P. 126. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2022.109134>

4. Design lignin doped with nitrogen and phosphorus for flame retardant phenolic foam materials / Shuxian W., Zhuo L., Caiying B., Fei S., Yuzhi X., Lihong H., Yonghong Z., Puyou J. // *Reactive and Functional Polymers*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2023.105535>

5. Шишлов О. Ф., Баулина Н. С., Глухих В. В. Лигнинсодержащие фенолкарданолформальдегидные смолы для фанеры и древесностружечных плит // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2019. № 4. С. 40–45.

6. Тычинкин И. В., Шишлов О. Ф., Глухих В. В. Влияние деаэрата на прочность при сжатии фенольной пены // *Молодой ученый*. 2022. № 19 (414). С. 10–13.

## References

1. Using lignin degraded to synthesize phenolic foams with excellent flame retardant property / Shuting Z., Xiaodong C., Zhitian F., Rui N., Xiaoli L., Yumei T. // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2023. P. 666. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.131373>

2. Effect of formaldehyde to phenol molar ratio on combustion behavior of phenolic foam / Kaihong T., Xiaofeng H., Guiqiu X., Xiaojun T., Tiejun G., Ailing Z. // *Polimer Testing*. 2022. P. 111. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107626>

3. Nitrogen-doped carbon derived from composite of phenolic and amino foam: Effect of synthesis processes on physicochemical properties and super-capacitive performances / Na Z., Bin H., Haoyu G., Rui W., Jiawei S., KaiKai L., Haiyang J. // *Diamond and Related Materials*. 2022. P. 126. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2022.109134>

4. Design lignin doped with nitrogen and phosphorus for flame retardant phenolic foam materials / Shuxian W., Zhuo L., Caiying B., Fei S., Yuzhi X., Lihong H., Yonghong Z., Puyou J. // *Reactive and Functional Polymers*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2023.105535>

5. Shishlov O. F., Baulina N. S., Glukhikh V. V. Lignin-containing phenol-cardanol-formaldehyde resins for plywood and chipboards // *Woodworking industry*. 2019. No. 4. P. 40–45. (in Russ.)

6. Tychinkin I. V., Shishlov O. F., Glukhikh V. V. Influence of a de-aerator on the compressive strength of phenolic foam // *Young scientist*. 2022. №. 19 (414). P. 10–13. (in Russ.)

**ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
И ИНЖИНИРИНГА В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ**

**PROBLEMS OF VOCATIONAL EDUCATION  
AND ENGINEERING IN WOODWORKING**

Научная статья  
УДК 378.14.015.62

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ УПРАЖНЕНИЙ  
ТРЕНАЖЕРА-СИМУЛЯТОРА ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ  
МАШИН НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ  
ОПЕРАТОРА ХАРВЕСТЕРА**

**Наталья Олеговна Вербицкая<sup>1</sup>, Виктор Вячеславович Иванов<sup>2</sup>,  
Станислав Сергеевич Баданин<sup>3</sup>, Данил Дмитриевич Казанцев<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Уральский государственный экономический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>2, 3, 4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> verbno@mail.ru

<sup>2</sup> ivanovvv@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> badanin-stas@mail.ru

<sup>4</sup> danil\_kazantsev\_2003@list.ru

***Аннотация.*** В статье изложены результаты хронометражного наблюдения за производительностью труда опытного оператора и двух групп начинающих операторов харвестера на тренажере-симуляторе компании Komatsu Forest без использования и с использованием базовых тренировочных упражнений.

***Ключевые слова:*** когнитивные способности, производительность труда, харвестер, упражнения

***Для цитирования:*** Оценка влияния тренировочных упражнений тренажера – симулятора лесозаготовительных машин на процесс формирования профессиональных компетенций оператора харвестера / Н. О. Вербицкая, В. В. Иванов, С. С. Баданин, Д. Д. Казанцев // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 162–167.

Scientific article

## TRAINING ASSESSMENT OF SIMULATOR EXERCISES OF FOREST MACHINES PER PROCESS OF FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCES OF THE HARVESTER OPERATOR

Natalia O. Verbitskaia<sup>1</sup>, Viktor V. Ivanov<sup>2</sup>, Stanislav S. Badanin<sup>3</sup>, Danil D. Kazantsev<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

<sup>2, 3, 4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> verbno@mail.ru

<sup>2</sup> ivanovvv@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> badanin-stas@mail.ru

<sup>4</sup> danil\_kazantsev\_2003@list.ru

**Abstract.** The article shows time-based monitoring of labor productivity of two groups of novice harvester operators on a Komatsu Forest simulator without using and using basic training exercises.

**Keywords:** cognitive abilities, labor productivity, harvester, exercises

**For citation:** Evaluation of the influence of training exercises of the logging machine simulator on the process of forming professional competencies of the harvester operator / N. O. Verbitskaya, V. V. Ivanov, S. S. Badanin, D. D. Kazantsev // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 162–167.

Опыт проведения практико-ориентированных занятий в рамках дисциплин кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства с использованием тренажеров – симуляторов многооперационных лесозаготовительных машин с процессорным управлением со студентами и магистрантами УГЛТУ с целью получения стохастических данных для написания отчетов по практическим и лабораторным работам, курсовых и выпускных квалификационных работ, подготовки к конкурсу профессионального мастерства, посвященному памяти профессора кафедры ТОЛП Н. В. Лившица, среди обучающихся УГЛТУ, а также желающих познакомиться или получить удостоверение по рабочей профессии машиниста лесозаготовительной и (или) трелевочной машины, показывает, что на процесс формирования профессиональных компетенций оператора харвестера значительное влияние оказывают когнитивные способности [1, 2].

При работе на многооперационной лесозаготовительной машине когнитивные особенности оператора, как правило, показывают уровень развития профессиональных компетенций оператора, который можно оценить произ-

водительностью труда, т. е. скоростью восприятия информации, оценки ситуации, принятия решений для осуществления технологического процесса заготовки древесины с наибольшей эффективностью.

Большинство когнитивных способностей человека можно развить при помощи специальных тренировочных упражнений. С целью оценки влияния тренировочных упражнений на развитие когнитивных способностей и формирование профессиональных компетенций оператора харвестера на протяжении 2017–2023 гг. проводились хронометражные наблюдения за работой обучающихся УГЛТУ и слушателей ИДО УГЛТУ на тренажерах – симуляторах многооперационных лесозаготовительных машин.

Перед началом проведения хронометражного наблюдения все обучающиеся были разделены на две группы. С первой группой обучающихся проводились занятия без использования базовых тренировочных упражнений тренажера – симулятора компании Komatsu Forest. Для данной группы студентов выбирался сценарий работы харвестера Mixed Forest, в котором обучающиеся непосредственно приступали к выполнению технологических операций с фиксацией затрат времени на выполнение основных элементов цикла работы харвестера: 1 – наведение харвестерного агрегата на дерево; 2 – захват дерева; 3 – спиливание дерева; 4 – валка дерева; 5 – обработка дерева; 6 – переход к следующему дереву, в том числе время движения харвестера от одной технологической стоянки к следующей (рис. 1).

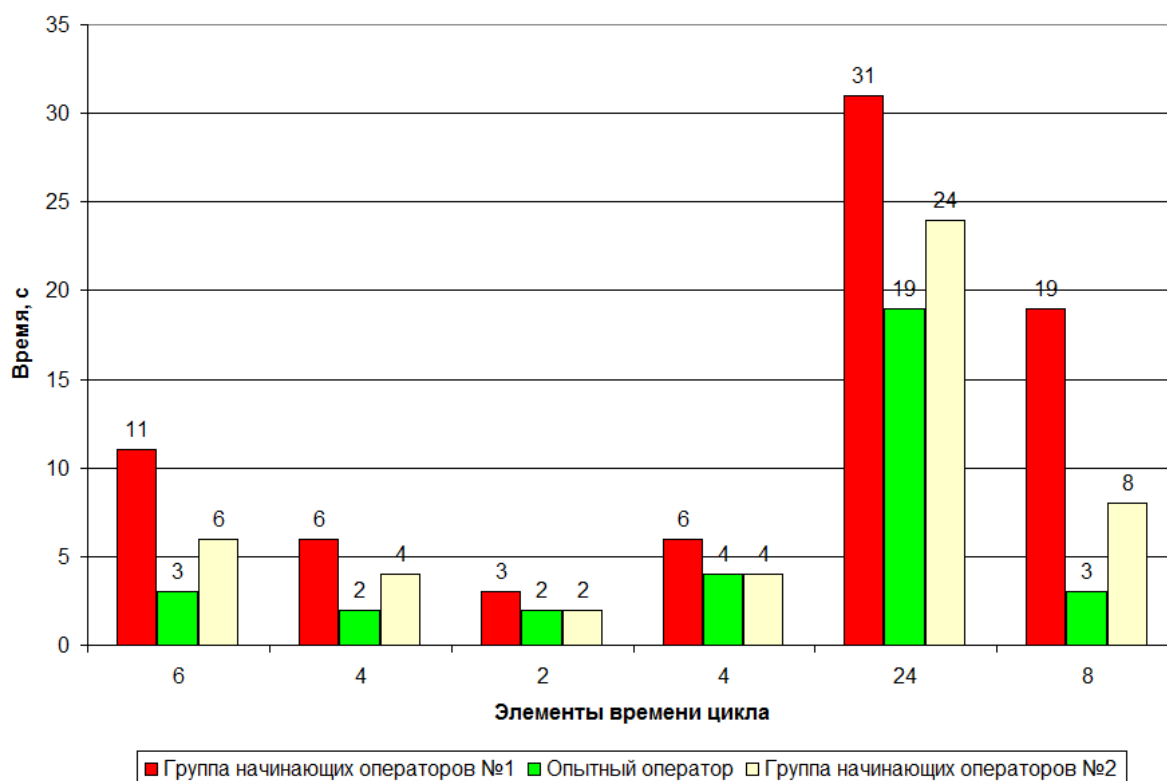


Рис. 1. Гистограмма распределения времени цикла работы харвестера

Второй группе студентов для развития когнитивных способностей первоначально было предложено пройти основные базовые тренировочные упражнения тренажера-симулятора (рис. 2). Данные упражнения направлены на то, чтобы обучающийся не только смог пройти задания на скорость, но и выполнить их правильно. Поэтому для выполнения тренировочных упражнений в качестве эталона в занятиях принял участие и опытный оператор.



Рис. 2. Некоторые базовые тренировочные упражнения тренажера – симулятора харвестера: а – сортировка бревен; б – захват ствола дерева

В ходе хронометражного наблюдения вторая группа обучающихся и опытный оператор выполняли следующие упражнения.

1. Наведение харвестерного агрегата (табл. 1), при котором требуется прикоснуться нижней частью харвестерного агрегата к платформе так, чтобы она поменяла цвет и стала «зеленой». Данное упражнение позволяет повысить скорость и точность наведения харвестерного агрегата к нижней комлевой части ствола дерева.

Таблица 1

Результаты упражнения по наведению харвестерного агрегата

Номер занятия	Время выполнения упражнения, с		
	1	2	3
Начинающий оператор 1	86	64	48
Начинающий оператор 2	134	86	65
Начинающий оператор 3	122	69	47
Начинающий оператор 4	95	59	45
Опытный оператор	32	29	29

2. Захват ствола дерева (табл. 2). В данном упражнении необходимо расположить харвестерную головку так, чтобы максимально по окружности захватить ствол дерева, что на практике позволяет сократить вероятность самопроизвольного выпадения из харвестерного агрегата и свободного неуправляемого падения дерева.

Таблица 2

## Результаты упражнения по захвату ствола дерева харвестерным агрегатом

Номер занятия	Время выполнения упражнения, с		
	1	2	3
Начинающий оператор 1	625	396	189
Начинающий оператор 2	1519	473	341
Начинающий оператор 3	877	467	210
Начинающий оператор 4	1776	298	221
Опытный оператор	142	145	137

3. Захват и укладка в штабель сортимента (табл. 3). При выполнении данного упражнения необходимо при помощи харвестерного агрегата осуществить захват сортимента и положить его на подсвеченную площадку. Осуществление подобных действий на практике можно наблюдать при валке деревьев диаметром от 30 см и более.

Таблица 3

## Результаты упражнения по захвату и укладке сортимента

Номер занятия	Время выполнения упражнения, с		
	1	2	3
Начинающий оператор 1	565	396	376
Начинающий оператор 2	2502	1027	652
Начинающий оператор 3	2392	783	525
Начинающий оператор 4	1725	1056	583
Опытный оператор	313	316	305

4. Сортировка бревен (табл. 4). Данное упражнение предлагает разобрать «костер» и рассортировать окрашенные по торцам бревна в два штабеля. Подобные действия оператора харвестера в реальных условиях необходимы для того, чтобы подготовить волок и сортименты к трелевке.

Таблица 4

## Результаты упражнения по сортировке бревен

Номер занятия	Время выполнения упражнения, с		
	1	2	3
Начинающий оператор 1	761	550	483
Начинающий оператор 2	2181	1446	1091
Начинающий оператор 3	1126	715	500
Начинающий оператор 4	2615	916	677
Опытный оператор	388	383	379



В конце третьего занятия опытный оператор и обучающиеся обеих групп выполнили контрольное задание по сценарию работы харвестера Mixed Forest с фиксацией средних значений элементов цикла работы харвестера (см. рис. 1) и ошибок.

По результатам хронометражного наблюдения было установлено, что тренировочные упражнения оказывают существенное влияние на развитие когнитивных способностей и формирование профессиональных компетенций оператора харвестера. В нашем случае было установлено, что вторая группа обучающихся, которая обучалась с использованием тренировочных упражнений, выполнила контрольное задание в 1,6 раза быстрее первой и с минимальным количеством ошибок.

Для более детального изучения вопросов влияния тренировочных упражнений на формирование профессиональных навыков и совершенствование процесса обучения операторов харвестера дальнейшая работа будет проводиться с использованием харвестера Silvatec Sleipner 8266 TH на учебно-образовательном полигоне кафедры ТОЛП (УУОЛ УГЛТУ, п. Северка) и электроэнцефалографа-регистратора «Энцефалан-ЭЭГР-19/26».

## Список источников

1. Иванов В. В. Формирование навыков рационального природопользования в процессе подготовки операторов многооперационных лесозаготовительных машин на кафедре ТОЛП // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса : матер. XIII Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2021. С. 131–136.

2. Вербицкая Н. О., Чекотин Р. С. Формирование нейрометодики профессионального обучения в условиях человеко-машинного взаимодействия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. 2017. № 2, Т. 9. С. 67–73.

## References

1. Ivanov V. V. Formation of skills of rational nature management in the process of training operators of multi-operational logging machines at the department of technologies and equipment for timber industry // Effective response to modern challenges, taking into account the interaction of man and nature, man and technology: socio-economic and environmental problems of the forest complex: materials of the XIII International Scientific and Technical Conference / Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Ural State Forest Engineering University. - Yekaterinburg, 2021. P. 131–136. (in Russ.)

2. Verbitskaya N. O., Chekotin R. S. Formation of the neuromethodology of vocational training in the conditions of human-machine interaction // Bulletin of the South Ural State University. Series: Education. Pedagogical Sciences. 2017. No. 2, V. 9. P. 67–73. (in Russ.)

Научная статья  
УДК 331.446.3

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА РАБОЧЕЙ ПОЗЫ ОПЕРАТОРА ХАРВЕСТЕРА

**Наталья Олеговна Вербицкая<sup>1</sup>, Виктор Вячеславович Иванов<sup>2</sup>,  
Станислав Сергеевич Баданин<sup>3</sup>, Данил Дмитриевич Казанцев<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург,  
Россия

<sup>2, 3, 4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбу-  
бург, Россия

<sup>1</sup> verbno@mail.ru

<sup>2</sup> ivanovvv@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> badanin-stas@mail.ru

<sup>4</sup> danilkazantsev2003@list.ru

***Аннотация.*** В статье изложены результаты хронометражного наблюдения за влиянием на производительность труда дискомфорта состояния от рабочей позы начинающих операторов харвестера, работающих на тренажере – симуляторе лесозаготовительных машин компании Komatsu Forest.

***Ключевые слова:*** производительность труда, рабочая поза, утомляемость, оператор харвестера

***Для цитирования:*** Оценка влияния на производительность труда рабочей позы оператора харвестера / Н. О. Вербицкая, В. В. Иванов, С. С. Баданин, Д. Д. Казанцев // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 168–172.

Scientific article

## TRAINING ASSESSMENT SIMULATOR EXERCISES FOREST MACHINES PER PROCESS FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCES OF THE HARVESTER OPERATOR

**Natalia O. Verbitskaia<sup>1</sup>, Viktor V. Ivanov<sup>2</sup>, Stanislav S. Badanin<sup>3</sup>, Danil D. Kazantsev<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

<sup>2, 3, 4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> verbno@mail.ru

<sup>2</sup> ivanovvv@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> badanin-stas@mail.ru

<sup>4</sup> danil\_kazantsev\_2003@list.ru

**Abstract.** The article presents the results of a chronometric observation of the impact on labor productivity of an uncomfortable state from the working posture of novice operators working on a Komatsu Forest forestry machine simulator.

**Keywords:** labor productivity, working posture, fatigue, harvester operator

**For citation:** Evaluation of the impact on labor productivity of the working posture of the harvester operator / Verbitskaya N.O., Ivanov V.V., Badanin S.S., Kazantsev D.D. // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 168–172.

Современная многооперационная лесозаготовительная машина с процессорным управлением представляет собой надежное средство труда, позволяющее повысить производительность и качество заготавливаемой древесины, исключить тяжелый физический труд за счет использования автоматизированных систем управления.

Несмотря на то, что часть действий лесозаготовительных машин может быть выполнена в автоматическом режиме, в контуре управления всегда находится оператор, без команд которого машина не сдвинется с места. Поэтому так важно, чтобы оператор, во-первых, имел соответствующую квалификацию, а во вторых, для его эффективной работы должны быть созданы все возможные комфортные условия [1, 2].

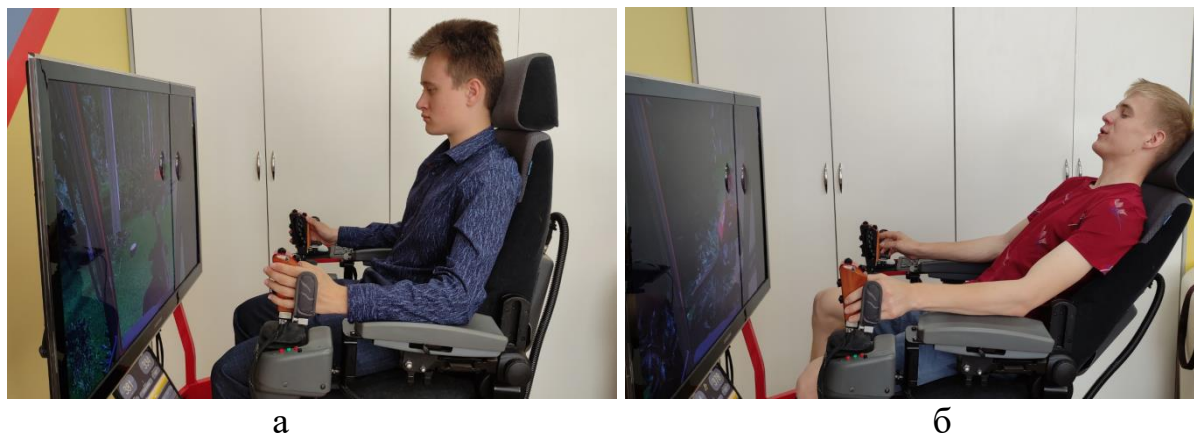
Большую часть своего рабочего времени оператор харвестера проводит в своем кресле, управляя работой лесозаготовительной машины, и практически не испытывает ощутимых физических нагрузок. Однако в течение всей рабочей смены оператор подвергается воздействию комплекса производственных факторов, приводящих к появлению следующих основных нагрузок:

- 1) интеллектуальные – связанные с мыслительной деятельностью оператора по выбору места технологической стоянки, очередностью выбора деревьев, учетом индивидуальных особенностей отдельного дерева и т. д.;
- 2) сенсорные – постоянное напряжение органов зрения и слуха;
- 3) эмоциональные – ответственность за выполнение собственной деятельности, которая влияет на зарплату и техническое состояние машины;
- 4) монотонность – однообразность действий по единому алгоритму в течение всей рабочей смены;
- 5) режим работы – рабочая смена оператора может длиться до 12 ч в сутки;
- 6) статические – рабочая поза оператора.

С целью изучения влияния рабочей позы оператора на производительность харвестера и ответа на вопрос, в какой рабочей позе желательно находиться оператору харвестера на протяжении рабочей смены без снижения производительности труда, были проведены хронометражные наблюдения.

В качестве рабочих поз оператора было рассмотрено три варианта (рисунки):

- наклон спинки кресла  $90^\circ$  при положении туловища прямо в сагиттальной плоскости;
- наклон спинки кресла  $45^\circ$  при положении туловища назад в сагиттальной плоскости;
- чередование первых двух вариантов.



Рабочие позы оператора харвестера:  
а – наклон спинки кресла  $90^\circ$ ; б – наклон спинки кресла  $45^\circ$

Хронометражные наблюдения проводились на тренажере – симуляторе компании Komatsu Forest по сценарию работы харвестера Mixed Forest, количество обрабатываемых деревьев во всех вариантах – по 63 шт. Основные показатели работы харвестера при разных вариантах рабочей позы оператора представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные показатели работы харвестера при разных вариантах рабочей позы оператора

Показатели	Вариант		
	1	2	3
Общее время работы, с	2799	3968	3402
Среднее время цикла, с	45	64	53
Время работы харвестерного агрегата, %	66	49	57
Производительность, шт. стволов/ч	82	57	67
Объем заготовленной древесины, м <sup>3</sup>	47,18	46,88	46,57

По данным хронометражных наблюдений установлено следующее.

1. Наиболее рациональной является поза работы оператора при наклоне спинки кресла  $90^\circ$ . В рассматриваемом промежутке времени в работе оператора харвестера можно выделить следующие этапы:

а) период вработываемости (с 1-го по 35-е дерево) – нестабильное время работы, когда производительность труда может колебаться сначала ниже, а затем выше предела среднего значения;

б) период стабильной работы (с 36-го по 63-е дерево) – время стабильной работы со средней производительностью труда без каких-либо колебаний относительно среднего значения.

2. Худшей оказалась поза оператора при наклоне спинки кресла  $45^\circ$ . В работе оператора харвестера в данной позе можно выделить следующие этапы:

а) период вработываемости (с 1-го по 12-е дерево);

б) период стабильной работы (с 13-го по 22-е дерево);

в) период появления и быстрого развития утомляемости (с 23-го по 63-е дерево).

3. Вариант с чередованием наклона спинки кресла также не является применимым на практике. Результаты работы оператора в данной позе представлены в табл. 2., данные которой показывают, что при смене наклона спинки кресла с  $90$  на  $45^\circ$  у оператора начинает развиваться утомляемость, сопровождающаяся снижением производительности труда. Возврат наклона спинки кресла с  $45$  на  $90^\circ$  не приводит к первоначальному росту производительности труда при стабильной работе.

*Таблица 2*

Основные средние показатели этапов работы харвестера при смене правильной рабочей позы оператора на неправильную и обратно

Этапы работы	Время цикла, с	Производительность, шт. стволов/ч	Время работы харвестерного агрегата, %
Период вработываемости	49	67	57
Стабильная работа	37	75	68
Наклон спинки кресла с $90$ на $45^\circ$	69	53	46
Наклон спинки кресла с $45$ на $90^\circ$	52	64	55

Таким образом, по данным хронометражных наблюдений, рациональной является поза работы оператора харвестера при наклоне спинки кресла  $90^\circ$ . Однако для профилактики появления и развития утомляемости, а также

развития профессиональных заболеваний оператору харвестера рекомендуется периодически делать самомассаж, гимнастику для рук, упражнения в кресле и вне кабины.

Для более детального изучения вопросов влияния рабочей позы оператора на производительность харвестера и процесс появления и развития утомляемости дальнейшая работа будет проводиться с использованием харвестера Silvatec Sleipner 8266 ТН на учебно-образовательном полигоне кафедры ТОЛП (УУОЛ УГЛТУ, п. Северка) и электроэнцефалографа-регистратора «Энцефалан-ЭЭГР-19/26».

## Список источников

1. Бартенев И. М., Драпалюк М. В., Бухтояро Л. Д. Эргономика рабочих процессов и техники в лесном комплексе. Воронеж : ВГЛТУ, 2016. 180 с.
2. Вербицкая Н. О., Калугина Т. Г., Стаин Д. А. Национальная система квалификаций России: квалификационно-ориентированные экспертные цифровые технологии. Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. 235 с.

## References

1. Bartenev I. M., Drapalyuk M. V., Bukhtoyaro L. D. Ergonomics of work processes and equipment in the forest complex. Voronezh : VGLTU, 2016. 180 p.
2. Verbitskaya N. O., Kalugina T. G., Stain D. A. National system of qualifications of Russia: qualification-oriented expert digital technologies. Yekaterinburg : UGLTU, 2019. 235 p.

Научная статья  
УДК 316.422.44

## МНЕНИЕ СТУДЕНТОВ И ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ИИ) В ОБРАЗОВАНИИ: К ЧЕМУ НАМ ГОТОВИТЬСЯ

**Павел Владимирович Королев**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия  
tpwood@rambler.ru

*Аннотация.* В статье рассматриваются предложения и рекомендации студентов и преподавателей по использованию ИИ в учебном процессе вуза (по результатам их опроса).

*Ключевые слова:* ИИ, нейросеть, ChatGPT, система высшего образования  
*Для цитирования:* Королев П. В. Мнение студентов и преподавателей об использовании искусственного интеллекта (ИИ) в образовании: к чему нам готовиться // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 173–177.

Scientific article

## OPINION OF STUDENTS AND TEACHERS ABOUT THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN EDUCATION: WHAT SHOULD WE PREPARE FOR

**Pavel V. Korolev**

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia  
tpwood@rambler.ru

*Abstract.* The article discusses the proposals and recommendations of students and teachers on the use of AI in the educational process of the university (based on the results of their survey).

*Keywords:* AI, neural network, ChatGPT, higher education system

*For citation:* Korolev P. V. The opinion of students and teachers on the use of artificial intelligence (AI) in education: what should we prepare for // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 173–177.

У каждого из нас есть свое мнение по таким вопросам, как использование ИИ в образовании и к чему это может привести. Имея за плечами диплом инженера и кандидата технических наук с аббревиатурой СССР, можно, конечно, ужасаться уровню современного инженерного образования, но, с другой стороны, советское образование также научило нас тому, что прогресс неостановим и бороться против него бесполезно.

Поэтому имеет смысл прислушаться к мнению своих коллег – преподавателей, специалистов-производственников, административно-управленческому персоналу вуза, а также, что очень важно, к мнению студентов.

Для получения более конкретных ответов, задавался вопрос не об ИИ, нейросетях, а о конкретном чат-боте: ChatGPT, который способен анализировать заданные вопросы, давать на них подробные ответы, получать готовые письменные решения, начиная от задач по математике или физике, и заканчивая курсовыми проектами и дипломной работой. Опрос более двухсот человек (90 % из них студенты) показал, что разброс мнений по отношению к использованию ИИ в образовании очень большой.

Административно-управленческий персонал вуза за использование ChatGPT в образовании, так как резко возрастет успеваемость и снизится процент отчисляемых студентов. О качестве полученного студентами образования эта категория сотрудников вуза как не беспокоится в настоящее время, так и не будет беспокоиться в будущем. Кроме того, у некоторой части этой группы специалистов есть надежда, что ИИ поможет заменить преподавателя, а следовательно, сэкономит бюджетные расходы вуза.

Специалисты-производственники являются наиболее консервативной группой среди опрошенных людей. Они объясняют свое отрицательное отношение к использованию ИИ в образовании тем, что, несмотря на различные реформы в высшем образовании, с каждым годом получают молодых специалистов с все более низким уровнем знаний и умений, которых приходится доучивать в специально создаваемых центрах.

Преподаватели вуза в начале опроса немного «ворчат» о том, что студенты все работы будут списывать. Но когда им приводишь пример о том, как сами преподаватели сдают тесты при дистанционном обучении на курсах повышения квалификации (вопросы по тестам читают на одном компьютере, а ответы ищут на планшете), то преподаватели соглашаются с тем, что если ChatGPT соединить с учебником по соответствующей дисциплине, то это только поможет студенту разобраться в каждой теме, которую он не понял во время лекции, а спросить преподавателя постеснялся или не успел. В этом случае студент может задавать вопросы ChatGPT в режиме 24/7, пока не устанет сам. Кроме того, ChatGPT сможет также беспристрастно проверять готовые студенческие работы, а у преподавателя высвободится время для общения со студентами и разбора тех тем, в которых студенты полностью не разобрались. ИИ также сможет анализировать ошибки студентов при выполнении



работ (контрольных, курсовых) и вносить рекомендации в методику обучения студентов и содержание лекционных курсов, т. е. ИИ должен стать помощником преподавателю.

Мне было очень интересно послушать мнение студентов, так как мы скоро уйдем из системы образования, а новых студентов будут обучать как раз сегодняшние студенты. Итак, мнения и предложения студентов в виде тезисов (с небольшой редакторской правкой по орфографии):

- думаю, что главный фактор (по использованию ИИ в образовании) – это принять неизбежное: время идет вперед, и новые технологии переворачивают наши взгляды на систему образования;

- без сомнения, в настоящее время ИИ необходимо использовать в образовании, так как без него будет невозможен прогресс и развитие общества и сферы информационных технологий;

- ИИ бурно развивается и скоро вытеснит человека из многих областей трудовой рутинной деятельности;

- в настоящее время в России нет свободного доступа к ChatGPT, но любой школьник сможет обойти эти препятствия;

- предлагается последовать примеру одного из вузов Санкт-Петербурга, где вместо экзаменов студенты сдают тесты;

- многие студенты используют ChatGPT или иные возможности ИИ для выполнения контрольных работ, написания рефератов или курсовых проектов, а преподаватели этого даже не замечают;

- две практики студента-горняка показали, что значительный объем информации, который преподают в вузе, во время практик не применялся, как будет использоваться этот объем информации во время настоящей работы – сказать не могу;

- студенты считают, что главная задача инженера – это уметь искать информацию под поставленные локальные задачи, а не зубрить тонну ненужной информации, которую после сдачи работ студент моментально забывает;

- преподаватель должен не заставлять студента зубрить информацию, а учить студента, помогая ему разобраться в сложных вопросах;

- на своем опыте скажу, что я и мое окружение прибегало к помощи ChatGPT. Однако необходимо умение пользоваться этим помощником и проверять его ответы, так как случается, что иногда выдаются неверные результаты на определенный запрос;

- аналогичная проблема появилась не так давно с использованием возможностей Интернета: как действовать в условиях, когда студент может найти информацию за минуту, не прибегая к помощи обычной библиотеки;

- результаты обсуждения студентов с родителями вопроса использования ИИ в образовании показывают, что раньше люди были умнее, а современный человек разучился думать; за время одного поколения люди

разучились красиво писать, но научились быстро набирать текст на клавиатуре; разучились считать в уме; перестали читать книги; не умеют грамотно писать на родном языке; испытывают трудности с поиском информации вне Интернета; перестали самостоятельно обобщать и анализировать большой объем информации и делать выводы;

- можно предположить, что с появлением ChatGPT студенты станут еще более инфантильными и умение искать и анализировать информацию полностью перейдет к роботам;

- совет студента преподавателю: при сдаче работы, выполненной с помощью ChatGPT, преподаватель должен задавать массу вопросов, чтобы проверить знания студента;

- совет студента преподавателю: больше уделять времени общению между студентом и преподавателем при обсуждении сложных тем;

- совет студента преподавателю: объективной оценкой понимания студентом какой-то темы является ситуация, в которой студент выступает в роли преподавателя и объясняет тему остальным студентам;

- многие студенты могут решить определенную задачу и найти ответ, используя известные формулы, но объяснить, почему эту задачу необходимо решать именно так, сможет далеко не каждый;

- студенты прекрасно понимают возможные проблемы использования ИИ в образовании и высказывают опасения о том, что ИИ может привести к высокому уровню безработицы, восстанию машин и глобальному противостоянию между человечеством и роботами.

## Выводы

1. Запрещать ChatGPT нельзя. Это первая ласточка из большого числа появляющихся чат-ботов, экономящих силы и облегчающих затраты времени для студентов.

2. Считаю, что ChatGPT очень хорошая вещь как для образования, так и для студента и преподавателя. ChatGPT необходимо использовать, нарабатывая практику общения между студентами и преподавателем. Кроме того, например, я бы сам с удовольствием позадал ChatGPT огромное число вопросов.

3. ChatGPT – это очень плохая вещь для нашей системы образования, ее необходимо перестраивать. Положительный результат перестройки нашей системы образования будет только в том случае, если к ней допустят профессионалов из преподавательской среды.

4. Использование ИИ в обучении студентов в настоящее время в России находится в зачаточном состоянии. Мы будем узнавать все подробности об использовании ИИ в обучении, возникающих проблемах и путях их решения по данным, поступающим из зарубежных вузов. А наш первый опыт исполь-

зования простых основ ИИ в образовании можно посмотреть на примере дистанционного обучения во время недавней эпидемии: входящий контроль знаний студентов после дистанционного обучения показал, что материалы, которые студенты изучали и сдавали дистанционно, ими не освоены практически полностью. Изучение последующих дисциплин после дистанционного обучения сильно затруднено.

4. ChatGPT – это очень плохая вещь для тех людей, которые в настоящее время очень некачественно и с ошибками, но за большие деньги «штампуют» студенческие работы: контрольные задачи, рефераты, курсовые проекты и дипломные работы. Например, на электронную почту мне постоянно приходят предложения «по выполнению студенческих работ по механике с зарплатой 150 тыс. рублей». По моим данным, 100 % студентов-заочников покупают курсовые проекты, а среди студентов-дневников таких примерно 70–80 %\*.

5. Пока только теоретически могу спрогнозировать такую ситуацию: все преподаватели-профессионалы уйдут из государственных вузов в частные вузы, где уровень образования будет удовлетворять потребности предприятий, а реальная зарплата преподавателей будет соответствовать средней зарплате в РФ согласно статистике. Государственные вузы в такой ситуации начнут мучительно умирать. Если попытаетесь меня переубедить, то отсылаю вас к нашей медицине: там такой прогноз уже осуществлен: квалифицированную помощь сейчас можно получить только в платных медицинских центрах. В государственных медучреждениях профессионалов-медиков почти нет, все ушли в частные медицинские центры.

---

\* Королев П. В. Возрождение профессионального образования инженеров-механиков в России: прогноз // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века : тр. XVI Междунар. евразийского симпозиума 21–24 сентября 2021 г. Екатеринбург, 2021. С. 57–61.

Korolev P. V. Revival of professional education of mechanical engineers in Russia: forecast. Proceedings of the XVI International Eurasian Symposium September 21–24, 2021. Yekaterinburg, 2021. P. 57–61. (in Russ.)

*Научное издание*

**ДЕРЕВООБРАБОТКА:  
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА  
ТРУДЫ  
XVIII МЕЖДУНАРОДНОГО ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА  
20–22 сентября 2023 г.**

ISBN 978-5-94984-880-7



Редактор Е. Л. Михайлова  
Оператор компьютерной верстки О. А. Казанцева

Подписано к публикации 05.09.2023. Дата размещения на сайте 05.09.2023.  
Формат 60×84/16. Уч.-изд. л. 11,24.  
Объем 4,57 Мб. Тираж 500 экз. (1-й завод 24 экз.).  
Заказ № 7711

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».  
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.  
Редакционно-издательский отдел. Тел.: 8(343)262-96-10.

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
УПИ». 620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а,  
оф. 2. Тел.: 8(343)362-91-16.