

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 674.812–41: 674.213 (043.3)

**УТГОФ**  
**Светлана Сергеевна**

**ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА  
ОЛЬХИ И БЕРЕЗЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИЦЕВОГО СЛОЯ  
ПАРКЕТНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

по специальности 05.21.05 – древесиноведение, технология и оборудование  
деревопереработки

Минск 2014

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» на кафедре технологии и дизайна изделий из древесины.

Научный руководитель **Игнатович Людмила Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты: **Врублевская Валентина Ивановна**, доктор технических наук, профессор кафедры деталей машин, путевых и строительных машин учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»;

**Тудейко Валерий Валентинович**, кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «Речицадрев»

Оппонирующая организация **Белорусский национальный технический университет**

Защита состоится «29» октября 2014 г. в 14 00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.06 в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, ауд. 240, корп. 4.

Тел. 8-(017)-327-83-41, факс 8-(017) 327-62-17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Автореферат разослан «26» сентября 2014 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций  
кандидат технических наук, доцент



С. П. Мохов

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основной задачей лесной и деревоперерабатывающей промышленности является рациональное использование лесосырьевых ресурсов и производство экологически безопасной и конкурентоспособной продукции.

В Республике Беларусь в 2009–2013 гг. на предприятиях концерна «Беллесбумпром» было произведено 690,2 тыс. м<sup>2</sup> паркетных изделий, при этом объем выпуска в 2013 г. составил 105,9 тыс. м<sup>2</sup>, что на 17% меньше объема выпуска продукции в 2012 г. (128,0 тыс. м<sup>2</sup>). Снижение выпуска отечественных паркетных изделий вызвано присутствием широкого ассортимента импортных напольных покрытий на отечественном рынке при стабильном спросе населения на данный вид продукции. В связи с этим перед деревообрабатывающей промышленностью стоит важная задача расширения производства качественных паркетных изделий, которые могли бы конкурировать на мировом рынке.

В последние годы отдается предпочтение многослойным паркетным изделиям, из которых наиболее востребованной является паркетная доска с лицевым слоем из твердолиственных пород древесины в виде ламели.

Благодаря высокой твердости, прочности и износостойкости древесина дуба является основным сырьем для производства паркетных изделий, но ее применение определяет высокую стоимость продукции, вызванную главным образом дефицитом твердолиственных пород древесины. В Республике Беларусь на 2014 г. твердолиственные породы составляют не более 3,4% от основных лесообразующих пород, в то же время доля мягколиственных пород превышает 33% (по статистическим данным Министерства лесного хозяйства). Сказанное предопределяет целесообразность снижения доли использования древесины твердолиственных пород в производстве паркетных изделий за счет замещения их мягколиственными.

Однако использование древесины мягколиственных пород не нашло широкого применения в производстве многослойных паркетных изделий в качестве лицевого слоя в связи со сравнительно низкими физико-механическими и эксплуатационными показателями.

Диссертационные исследования, посвященные повышению свойств мягколиственных пород древесины до уровня требований, предъявляемых к древесине лицевого слоя паркетных изделий, являются актуальными и важными. В диссертационной работе в качестве способа улучшения физико-механических свойств древесины научно обоснован термомеханического модифицирования.



Разработанная в рамках диссертационных исследований технология ведения процесса, основанного на методе термомеханического модифицирования, позволила достичь улучшения показателей физико-механических свойств уплотненной древесины ольхи (в среднем плотности на 43%, твердости на 55%, износостойкости на 50%, влагопоглощения в 6 раз) и березы (в среднем плотности на 31%, твердости на 50%, износостойкости в 2 раза, влагопоглощения в 4 раза), что в полной мере соответствует показателям древесины дуба.

Технологические режимы термомеханического модифицирования, разработанные на основе экспериментальных исследований древесины ольхи и березы, и рекомендации по ее применению были апробированы производственными испытаниями двухслойной паркетной доски с лицевым слоем из уплотненной древесины на ОАО «Гомельдрев» филиал «Паркетный завод». Результаты испытаний подтвердили экономическую эффективность и практическую значимость диссертационных исследований.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с крупными научными программами, темами.** Диссертационные исследования соответствуют основным направлениям научной деятельности университета на 2011–2015 г., утвержденным Министерством образования Республики Беларусь 7 декабря 2010 года (раздел 2 – «Научные основы ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий, транспортных систем и оборудования для переработки древесного сырья на инновационную и экспортоориентированную продукцию, обеспечивающих рациональное использование сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов»).

Научные исследования по теме диссертационной работы выполнялись на кафедре технологии и дизайна изделий из древесины УО БГТУ в соответствии: с утвержденным планом Республиканской госбюджетной научно-исследовательской работы ГБ 13-035 «Ресурсосберегающая технология многослойных паркетных покрытий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягколиственных пород» (№ гос. регистрации 20130440, 2013 г.); госбюджетной научно-исследовательской работой ГБ 11-118 «Создание и исследование импортозамещающих клеевых материалов с улучшенными адгезионными и прочностными характеристиками при модификации отечественных поливинилацетатных продуктов и разработка методики применения новых композиционных клеевых материалов в деревообрабатывающей промышленности» (№ гос. регистрации 20114304), финансируемых Министерством образования Республики Беларусь; инновационным проектом по социальным проблемам и созданию новых технологий, машин и материалов, утвержденном приказом Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 13.01.2012 № 7,

НИОК(Т)Р БС № 12-081 на 2012–2014 гг. «Разработать энерго- и материалосберегающую технологию изготовления нового облицовочного материала с повышенными эксплуатационными свойствами и его применения для производства изделий из древесины на мебельных и деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь» (№ гос. регистрации 20122036).

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является научное обоснование и разработка режимов термомеханического модифицирования (уплотнения) древесины ольхи и березы, направленных на улучшение их твердости, износостойкости и влагопоглощения для замещения древесины твердолиственных пород в производстве многослойных паркетных изделий.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

- установить влияние технологических факторов – давления, температуры и времени прессования на плотность, твердость, износостойкость и влагопоглощение древесины при ее термомеханическом модифицировании;
- провести сравнительные исследования физико-механических свойств натуральной (дуб, ольха, береза) и уплотненной (ольха, береза) древесины;
- изучить влияние термомеханического модифицирования на структуру и компоненты лигноуглеводной матрицы ольхи и березы;
- провести исследование эксплуатационных свойств многослойных паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины ольхи и березы с целью разработки технологического регламента их производства;
- провести опытно-промышленные испытания многослойной паркетной доски с лицевым слоем из уплотненной древесины ольхи и березы, полученной по разработанным технологическим режимам термомеханического модифицирования.

**Объект исследования:** режимы термомеханического модифицирования древесины ольхи и березы. **Предмет исследования:** термомеханически модифицированная древесина ольхи и березы, многослойный паркет с лицевым слоем из уплотненной ольхи и березы.

**Положения, выносимые на защиту.**

На защиту выносятся следующие положения:

- научно обоснованное и установленное влияние технологических факторов термомеханического модифицирования древесины (давление, температура и время прессования) на физико-механические свойства (плотность, твердость, влагопоглощение и износостойкость), подтверждающее эффективность термомеханического способа улучшения свойств древесины ольхи и березы;
- технологические режимы, позволяющие получить уплотненную термомеханическим способом древесину ольхи (давление  $P = 18,3$  МПа, температура  $T = 98,1$  °С, время прессования  $t = 2,4$  мин) и березы (давление  $P = 19,6$  МПа, температура  $T = 110,0$  °С, время прессования  $t = 3,0$  мин) с

улучшенными физико-механическими свойствами соответствующими физико-механическим свойствам древесины дуба;

– научное обоснование повышения показателей физико-механических свойств уплотненной древесины под действием образования дополнительных связей в ее структуре с участием макромолекул лигнина в процессе термомеханического модифицирования;

– экспериментально установленное влияние качества поверхности уплотненной древесины ольхи и березы на сокращение расхода клеевых (на 13%) и лакокрасочных материалов (грунта на 30%) в производстве многослойных паркетных изделий;

– результаты опытно-промышленных испытаний паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины ольхи и березы, полученной по разработанным технологическим режимам, соответствующие требованиям, предъявляемым к паркетным изделиям СТБ 2121-2010.

**Личный вклад соискателя.** Соискатель провел анализ патентной и научной литературы по теме диссертации; принял непосредственное участие в формулировании целей и задач исследований; осуществил планирование эксперимента, реализовал его в лабораторных условиях кафедры технологии и дизайна изделий из древесины, провел обработку и интерпретацию полученных экспериментальных данных. Разработал технологические режимы получения термомеханически модифицированной древесины ольхи и березы, включенные в технологический регламент изготовления многослойных паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягколиственных пород, утвержденный в филиале ОАО «Гомельдрев» «Паркетный завод» и в ООО «ХольцТехЭкспорт» и участвовал в опытно-промышленных испытаниях. В соавторстве подготовлены публикации и заявки на патенты: «Способ изготовления многослойных клееных паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягких лиственных пород» (№ а 20121604; от 23.11.2012 г.), «Способ изготовления паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины методом проката с одновременным приклеиванием основания» (№ а 20130214 от 19.02.2013 г.).

**Апробация результатов диссертации.** Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на 14 научно-технических конференциях: по итогам научно-исследовательских работ в Белорусском государственном технологическом университете в 2012–2014 гг.; на международных научно-технических конференциях «Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления» (г. Минск, 2011 г.); «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития» (г. Брянск, 2011 г.); «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов» (г. Минск, 2012 г.); Международный евразийский симпозиум

«Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века» (г. Екатеринбург, 2012 г.); «Эффективные инструменты современных наук» (г. Прага, 2012 г.); «Лес-2012» ( г. Брянск, 2012 г.); «Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития» (г. Гродно, 2013 г.); «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития» (г. Минск, 2013 г.); на выставке и семинаре «Перспективы создания наноиндустрии в Республике Беларусь» (г. Минск, 2013 г.); «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире» (Санкт-Петербург, 2014 г.); « I Европейский лесопромышленный форум молодежи» (Воронеж, 2014 г.); «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика» (г. Воронеж, 2014 г.). На «Ярмарке инновационных идей 2013» (г. Минск, 2013 г.) был представлен макет укладки и образцы трехслойной паркетной доски с лицевым слоем из уплотненной древесины ольхи.

Технологический регламент изготовления многослойных паркетных покрытий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягколиственных пород, разработанный на основе полученных результатов диссертационных исследований, был включен в учебное пособие «Технология изделий из древесины», утвержденное в качестве рекомендуемой базы для нормативной документации концерном «Беллесбумпром» (приказ № 124 от 15.05.2014 г.).

Были проведены опытно-промышленные испытания с выработкой опытной партии двухслойной паркетной доски с лицевым слоем из уплотненной древесины ольхи в филиале «Паркетный завод» ОАО «Гомельдрев».

**Опубликованность результатов диссертации.** Результаты исследований опубликованы в 20 печатных работах. Из них 8 статей в научных и научно-технических журналах, рекомендованных ВАК, 3 статьи в сборниках научных трудов, 8 материалов конференций и тезис доклада на научно-технической конференции.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация включает введение, общую характеристику работы, 6 глав, заключение, библиографический список, включающий список использованных источников из 120 наименований и список публикаций соискателя из 22 наименований, и 14 приложений. Работа изложена на 202 страницах печатного текста, включая 13 иллюстраций и 20 таблиц на 17 страницах, 14 приложений на 89 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** дана общая оценка состояния проблемы. Обоснованы актуальность темы и необходимость проведения исследований.

**Первая глава** посвящена анализу литературных сведений о видах паркетных изделий и способах улучшения физико-механических характеристик древесины.

Приведена информация об особенностях конструкции, эксплуатационных характеристиках и материалоемкости различных видов паркетных изделий: штучного паркета, многослойного штучного паркета, мозаичного паркета, шитового паркета и паркетной доски. В настоящее время широкое распространение приобрели многослойные паркетные изделия, которые обладают неоспоримыми преимуществами: многослойная конструкция обеспечивает высокую стабильность формы и размеров изделий, толщина лицевого слоя из твердолиственных пород составляет 4–5 мм, использование древесины хвойных и мягколиственных пород 2-го сорта или древесных материалов в качестве основания позволяет снизить себестоимость готовой продукции.

В целях экономии и ресурсосбережения при производстве отечественных многослойных паркетных изделий целесообразно использовать древесину мягколиственных пород в качестве лицевого слоя. Однако она обладает низкими показателями твердости, износостойкости и влагопоглощения. Решением этой проблемы может стать модифицирование древесины с целью улучшения физико-механических свойств.

Технологическим процессам модифицирования древесины и исследованию ее свойств были посвящены работы известных ученых Г.М. Шутова, П.Н. Хухрянского, Г.В. Берзиньша, А.Л. Калниньша, В.А. Шамаева, M. L. Rautkari, T. Yamada, M. Inoue, M. Gong, C. Lamason, C. Raatz и др.

Для улучшения физико-механических характеристик древесины используют химическое, термохимическое и химико-механическое модифицирование. Данные технологии требуют сложного оборудования и предварительной обработки или пропитки древесины растворами фенолформальдегидных, полиэфирных смол, аммиака, мочевины и др., которые являются вредными для окружающей среды и здоровья человека.

Экологически безопасным способом улучшения физико-механических характеристик мягколиственных пород древесины можно считать термомеханическое модифицирование. Существующие технологии термомеханического модифицирования направлены на получение древесины высокой плотности, удовлетворяющей требованиям, предъявляемым к несущим конструкциям и др. Для получения лицевого слоя многослойных паркетных изделий толщиной 4–5 мм и плотностью 670–700 кг/м<sup>3</sup> требуется разработка новых режимов, направленных на получение модифицированной древесины, удовлетворяющей требованиям, предъявляемым к паркетным изделиям.

Выбор древесины ольхи и березы в качестве основы для создания лицевого слоя многослойных паркетных покрытий обусловлен, с одной стороны, высокой способностью к равномерному и качественному тонированию древесины березы (*Betula pubescens Ehrh.*) и высоким эстетическим свойствам древесины ольхи черной (*Alnus glutinosa (L.) Gaerth.*),



и, с другой стороны, их широким районированием в Республике Беларусь (23,2% лесопокрытой территории занимает береза, 8,5% – ольха черная) и сравнительно низкой себестоимостью.

На основании проведенного анализа сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

**Вторая глава** посвящена объектам и методам проведения исследований. Объектами исследования являлись образцы натуральной и уплотненной древесины ольхи и березы, а также многослойные паркетные покрытия с лицевым слоем из уплотненной древесины, изготовленные в лабораторных и промышленных условиях. Основные физико-механические характеристики образцов древесины, такие как плотность, твердость и влагопоглощение, были определены по стандартным методикам в соответствии с ГОСТ 16483.1, ГОСТ 16483.17 и ГОСТ 16483.19. Износостойкость натуральной и уплотненной древесины была определена весовым методом с применением абразиметра Табера.

Полученные многослойные паркетные изделия были исследованы на адгезию лакокрасочных покрытий к лицевому слою из уплотненной древесины по ГОСТ 27325-87 и предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти по ГОСТ 10636-90.

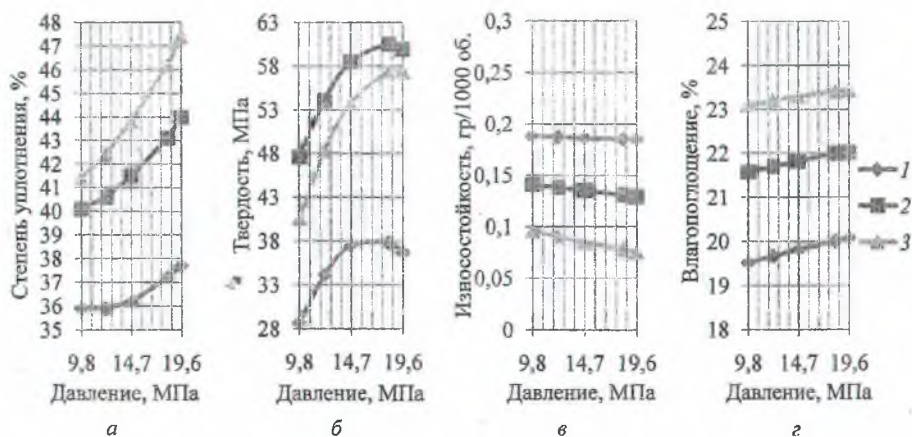
Для изучения влияния технологических факторов на физико-механические свойства использовался план Бокса, позволяющий получить квадратичную зависимость выходной величины от каждого фактора. Все полученные данные обработаны с применением методов математической статистики, а уравнения регрессии на их основе проверены на адекватность с помощью критерия Фишера с достоверностью не ниже 95%.

Для определения влияния термомеханического модифицирования на компоненты лигноуглеводной матрицы уплотненной древесины ольхи и березы были проведены термогравиметрический анализ в термоаналитической системе TGA/DSC-1 HT/319 METTLER TOLEDO Instruments и ИК-спектроскопия на ИК-Фурье спектрометре NEXUSTM E.S.P. Для исследования структурных изменений уплотненной древесины было выполнено микроскопическое исследование натуральной и уплотненной древесины ольхи и березы на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610LV и исследование шероховатости поверхности на профилографе HOMMEL TESTER T1000 basic.

**В третьей главе** представлены результаты экспериментальных исследований по определению влияния основных технологических факторов (давление, температура и время прессования) на физико-механические свойства термомеханически модифицированной древесины ольхи и березы, которые использовались при разработке режимов термомеханического модифицирования.

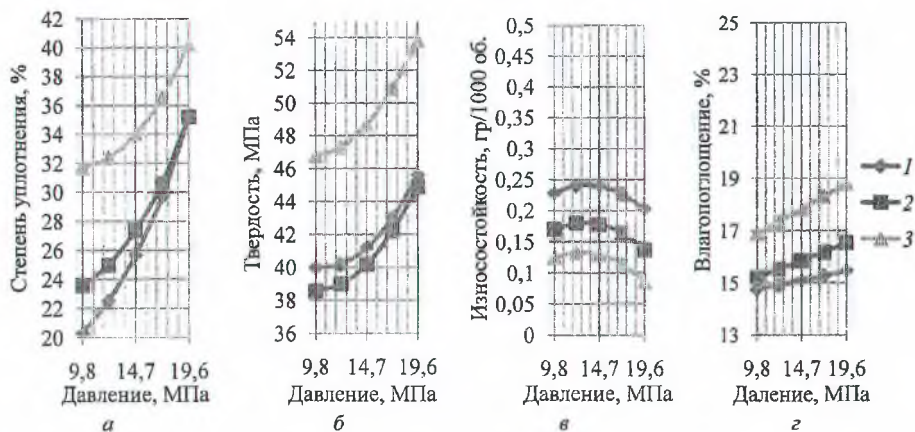
Во время предварительных исследований были проведены эксперименты, которые позволили уточнить диапазон варьирования значимых переменных факторов: давления прессования  $X_1 [P]$ , МПа (9,8–19,6), температуры прессования  $X_2 [T]$ , °С (70–110), времени прессования  $X_3 [t]$ , мин (1–3). Физико-механические свойства: плотность, твердость, износостойкость и влагопоглощение, исследуемые в работе, являются наиболее важными для паркетных изделий. В результате реализации матрицы планирования эксперимента были получены адекватные уравнения регрессии для степени уплотнения, твердости, износостойкости и влагопоглощения древесины ольхи и березы, что позволило определить зависимости выходных показателей от технологических факторов.

Анализ полученных зависимостей проведен на основе их графического представления. Установлено, что наибольшее влияние на выходные показатели оказывают: давление прессования (рисунки 1 и 2) и температура прессования. Графики влияния давления прессования на степень уплотнения, твердость, износостойкость и влагопоглощение древесины ольхи и березы приведены на рисунках 1 и 2.



1 – нижний; 2 – средний; 3 – верхний уровень варьирования переменных факторов  
**Рисунок 1 – Влияние давления прессования на степень уплотнения (а), твердость (б), износостойкость (в) и влагопоглощение (г) древесины ольхи**

Функция, описывающая зависимость твердости уплотненной древесины ольхи от давления, времени и температуры прессования имеет оптимум 62,3 МПа (на 19% выше твердости дуба) в изучаемом диапазоне переменных факторов при значениях: давления  $P = 18,3$  МПа, температуры  $T = 98,1$  С° и времени прессования  $t = 2,4$  мин.



1 – нижний; 2 – средний; 3 – верхний уровень варьирования переменных факторов

Рисунок 2 – Влияние давления прессования на степень уплотнения (а), твердость (б), износостойкость (в) и влагопоглощение (г) древесины березы

Полученные зависимости позволили разработать рекомендации по назначению режимов термомеханического модифицирования древесины ольхи и березы в зависимости от приоритетности выходного показателя (таблица 1).

Таблица 1 – Режимы термомеханического модифицирования и показатели физико-механических свойств уплотненной древесины ольхи и березы

Значения переменных факторов, устанавливающих режим модифицирования			Показатели физико-механических свойств древесины			
Давление, МПа	Температура, °С	Время прессования, мин	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Твердость, МПа	Износостойкость, г/1000 об	Влагопоглощение, %
Ольха						
19,6	110	3,0	773*	57,4	0,075*	23,4
18,3	98,1	2,4	760	62,3*	0,109	22,6
9,8	70	3,0	731	33,9	0,174	18,7*
Береза						
19,6	110	3,0	896*	53,8*	0,086*	18,8
9,8	70	2,0	771	37,5	0,181	13,6*

\* Наибольшие значения показателей плотности и твердости и наименьшие значения показателей износостойкости и влагопоглощения.

Результаты исследований показывают, что уплотнение древесины в изученных условиях приводит к значительному увеличению плотности: на 36,4–48,9% (716,1–781,7 кг/м<sup>3</sup>) для древесины ольхи и на 22,4–39,8% (783,4–

894,7 кг/м<sup>3</sup>) для древесины березы. Значение тангенциальной твердости древесины ольхи и березы составляет 31,1–62,3 Н/мм<sup>2</sup> и 32,4–64,5 Н/мм<sup>2</sup> соответственно. Твердость уплотненной древесины березы и ольхи для разработанных режимов достигает и даже превышает значения твердости древесины дуба 52,5 МПа на 4,0 и 19,0% (54,5 и 62,3 МПа). Относительно первоначальной твердости ольхи и березы значение твердости после модифицирования улучшилось максимально на 92–99%.

Результаты исследований физико-механических свойств натуральной и уплотненной древесины ольхи и березы представлены в таблице 2. Для уплотненной древесины приведены наибольшие значения показателей степени уплотнения, плотности и твердости, и наименьшие показатели износостойкости и влагопоглощения, достигаемые применением разработанных режимов. Для сравнения приведены аналогичные показатели древесины дуба.

Таблица 2 – Физико-механические свойства древесины

Порода древесины	Показатели физико-механических свойств				
	Степень уплотнения, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Твердость, МПа	Износостойкость, г/1000 об.	Влагопоглощение, %
Дуб черешчатый <i>Quercus robur L.</i>	0	703	52,5	0,175	117
Ольха черная <i>Alnus glutinosa (L.) Gaerth.</i>	0	525	30,8	0,300	136
Береза пушистая <i>Betula pubescens Ehrh.</i>	0	640	32,4	0,329	63
Термомеханически модифицированная ольха	48,9	773	62,3	0,075	19
Термомеханически модифицированная береза	39,8	896	53,8	0,086	14

Приоритетным показателем физико-механических свойств древесины для производства лицевого слоя многослойных паркетных изделий считается твердость, следовательно, основными режимами термомеханического модифицирования являются режимы, обеспечивающие максимальные показатели твердости уплотненной древесины ольхи: (давление прессования  $P = 18,3$  МПа, температура прессования  $T = 98,1$  °С, время прессования  $t = 2,4$  мин) и березы (давление  $P = 19,6$  МПа, температура  $T = 110$  °С и время прессования  $t = 3,0$  мин).

В четвертой главе приведены результаты исследований влияния технологических факторов термомеханического модифицирования на

компоненты лигноуглеводной матрицы древесины методом термогравиметрического анализа и ИК-спектроскопии.

Термогравиметрический анализ образцов натуральной и термомеханически модифицированной древесины проводился в интервале температур 27–500 °С со скоростью нагревания 5 °С/мин. Было установлено, что термическая деструкция натуральной древесины ольхи проходит в семь этапов, термомеханически модифицированной – в шесть, что обусловлено качественными изменениями компонентов древесины, термическому разложению которых соответствуют температурные интервалы 344–438 °С и 346–429 °С соответственно для натуральной и уплотненной древесины. В данных интервалах происходит термическое разложение лигнина и пентозанов, для натуральной древесины – в два этапа, для модифицированной непрерывно в один этап.

Основную роль в изменении свойств древесины в результате термомеханического модифицирования играет лигнин. В процессе термомеханического модифицирования образцов древесины ольхи влажностью 8% при температуре 100±3 °С происходит реакция первичной конденсации с образованием прочных термоустойчивых связей α-5, которые при охлаждении образцов и переходе лигнина в стеклообразное состояние обеспечивают образование остаточных деформаций и, следовательно, обеспечивают стабильность формы и однородность свойств образцов в целом.

Полученные результаты объясняют качественные изменения в структуре древесины ольхи в процессе термомеханического модифицирования. Для оценки количественных изменений рассчитали энергию активации термоокислительной деструкции лигнина ( $E_d$ ) и приняли ее в качестве критерия оценки степени термомеханического модифицирования за счет образования дополнительных связей с участием макромолекул лигнина.

Параметр  $E_d$  возрастает при частичной сшивке макромолекул полимера, поэтому чем больше степень сшивки, тем выше значение  $E_d$ . Энергию активации термоокислительной деструкции ( $E_d$ ) рассчитывали по результатам термогравиметрического анализа с использованием метода Бройдо, по формуле 1.

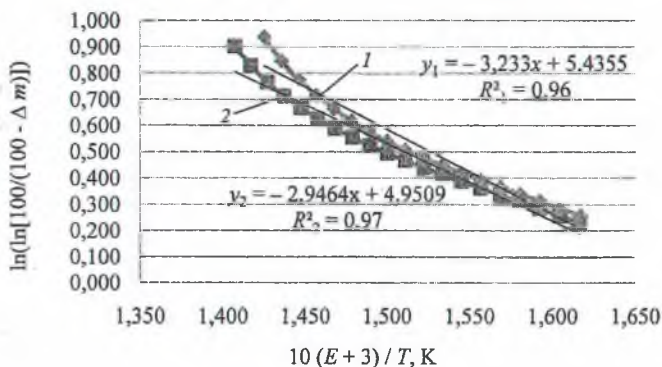
$$\ln\left(\ln\frac{100}{100 - \Delta m}\right) = -\frac{E_d}{R} \cdot \frac{1}{T} + \text{const}, \quad (1)$$

где  $\Delta m$  – потеря массы образца в процентах при каждой из температур внутри интервала разложения вещества;  $R$  – универсальная газовая постоянная, равная  $8,31 \cdot 10^3$  кДж/моль·К.

Зная потерю массы ( $\Delta m$ ) образца при температуре  $T$ , графически строили линию, в которой  $E_d$  выражалась тангенсом угла наклона логарифмической зависимости  $\Delta m$  от  $T$ . Значение энергии активации деструкции в кДж/моль находили по формуле 2.

$$E_d = \text{tg}\varphi \cdot R \quad (2)$$

На рисунке 3 приведены логарифмической зависимости потери массы образца  $\Delta m$  от температуры  $T$ :  $y_1$  для уплотненной древесины и  $y_2$  для натуральной древесины.



1 – уплотненной древесины ольхи; 2 – натуральной древесины ольхи

**Рисунок 3 – Двойная логарифмическая зависимость потери массы образцов от температуры при термической деструкции лигнина**

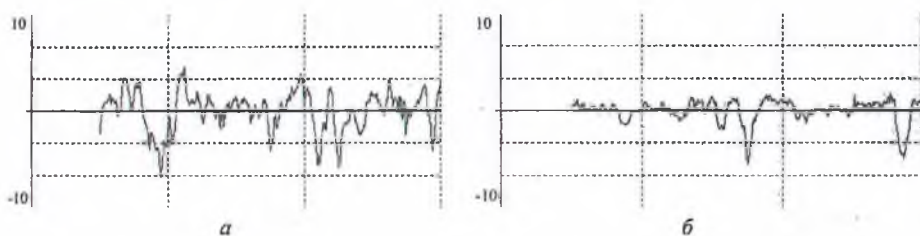
Энергия активации термоокислительной деструкции лигнина в термомеханически модифицированной древесине  $E_d = 27$  кДж/моль превышает энергию активации термоокислительной деструкции лигнина в натуральной древесине  $E_d = 24$  кДж/моль на 12,5%, что свидетельствует об увеличении стабильности лигнина после обработки древесины термомеханическим модифицированием и фиксации остаточных деформаций, обеспечивающих стабильность размеров и свойств получаемой древесины.

ИК-спектры древесины ольхи до и после термомеханического модифицирования существенных отличий не имеют. Это подтверждает, что изменение свойств древесины происходит под действием внешних факторов, а также то, что в основе взаимодействия компонентов древесины лежат химические реакции первичной конденсации лигнина, которые протекают без выделения химических веществ и изменения химического состава древесины.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о стабильности и необратимости приобретенных в процессе термомеханического воздействия свойств древесины и экологической безопасности самого процесса. Это является определяющими факторами для применения термомеханически модифицированной древесины ольхи в качестве лицевого слоя многослойных паркетных изделий.

В пятой главе приведены результаты исследования влияния физико-механических свойств лицевого слоя из термомеханически модифицированной древесины ольхи на свойства многослойных паркетных изделий.

Кроме улучшения физико-механических свойств уплотненной древесины в целом в ходе исследования было зафиксировано улучшение качества поверхности уплотненной древесины. Для определения изменений был проведен сравнительный анализ шероховатости поверхности уплотненной древесины ольхи и березы с натуральной древесиной обработанной шлифованием. На рисунке 4 представлены профилограммы шероховатости натуральной и уплотненной древесины ольхи, диапазон измерения шероховатости 20 мкм.

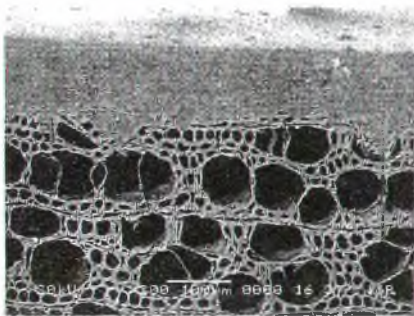


а – вдоль волокон натуральной древесины ольхи обработанной шлифованием, б – вдоль волокон уплотненной древесины ольхи

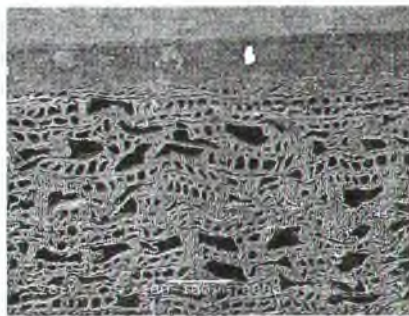
Рисунок 4 – Профилограммы шероховатости поверхности

Основными показателями качества поверхности древесины по ГОСТ 7016-82 являются  $R_m$  – максимальная высота профиля шероховатости и  $R_z$  – среднеарифметическая высота микронеровностей. Для уплотненной древесины ольхи  $R_z = 4,83$  и  $R_a = 0,71$  мкм, для натуральной древесины  $R_z = 11,05$  и  $R_a = 1,76$  мкм. Сравнение полученных значений показателей  $R_m$ ,  $R_z$  и профилограмм натуральной и уплотненной древесины показало, что обработка древесины уплотнением приводит к снижению шероховатости и к улучшению всех параметров, характеризующих качество поверхности древесины.

Для комплексной оценки механических изменений древесины в процессе термомеханического модифицирования было проведено исследование структуры древесины на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610LV. На рисунке 5 показаны микроснимки образцов натуральной и уплотненной древесины ольхи с нанесенным клеевым материалом (увеличение в 200 раз), на которых отчетливо видна глубина проникновения клеевого состава, и профиль границы «клеевой материал - основа», повторяющей профиль поверхности древесины.



*a*



*б*

*a* – образец натуральной древесины ольхи с нанесенным клеевым материалом;

*б* – образец уплотненной древесины ольхи с нанесенным клеевым материалом

**Рисунок 5 – Микроснимки образцов натуральной и уплотненной древесины**

Из рисунка 5б видно уменьшение клеточного пространства, а также изменение характера поверхности древесины. Граница древесины и клеевого материала четко различима и однородна, площадь контакта клеевого материала с поверхностью уплотненной древесины меньше по сравнению с натуральной, что является причиной уменьшения расхода клеевых и лакокрасочных материалов необходимых для смачивания поверхности.

Для определения влияния качества поверхности уплотненной древесины ольхи на эксплуатационные свойства многослойных паркетных изделий были изучены зависимости прочности склеивания и адгезии защитно-декоративных покрытий с уплотненной нешлифованной древесиной от расхода клеевых и лакокрасочных материалов.

Исследование проводилось на образцах из натуральной (шероховатость поверхности  $R_z = 11$  мкм) и уплотненной ( $R_z = 6$  мкм) древесины ольхи с защитно-декоративным покрытием, полученным в заводских условиях из лакокрасочных материалов УФ-отверждения. На поверхность уплотненной древесины были нанесены три вида покрытий: с тремя слоями адгезионного грунта, двумя и одним. Результаты исследования адгезии лакокрасочного покрытия к уплотненной древесине показывают, что покрытие с тремя слоями адгезионного грунта обладает такой же адгезией к подложке из уплотненной древесины (7,85 МПа), как и к подложке из натуральной древесины (7,76 МПа). Уменьшение слоев грунта до одного-двух снижает адгезию на 7–8% (7,14–7,48 МПа), что находится в рамках нормы качества лакокрасочного покрытия.

Клеевые соединения в многослойных паркетных покрытиях относятся к классу стойкости D2, которому соответствуют соединения с прочностью  $\geq 8$  МПа. Предел прочности на отрыв перпендикулярно пласти был исследован на образцах, склеенных из уплотненной древесины ольхи и фанеры по типовым



технологическим режимам, рекомендованным для полиуретановых клеев. Расход однокомпонентного полиуретанового клея варьировался от 150 г/м<sup>2</sup> до 120 г/м<sup>2</sup>. Прочность склеивания при расходе клея 150 г/м<sup>2</sup> для натуральной древесины составила 8,5 МПа, для уплотненной – 8,4 МПа.

Снижение расхода клея на 13% (до 130 г/м<sup>2</sup>) приводит к незначительному снижению прочности на 5,4% до 8,0 МПа, дальнейшее снижение расхода клея до 120 г/м<sup>2</sup> приводит к снижению прочности на 22,6% до 6,5 МПа. Целесообразно сокращение расхода клея до 130 г/м<sup>2</sup>. С целью получения высоких показателей прочности склеивания было проведено исследование по оптимизации режима склеивания. Оптимальный режим склеивания паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины полиуретановыми клеями с расходом клея 130 г/м<sup>2</sup>: время склеивания 10 мин, давление прессования 1 МПа и температура плит пресса 80°С. Данный режим обеспечивает прочность склеивания до 8,3 МПа.

Полученные результаты показывают, что качество поверхности, полученное при термомеханическом модифицировании древесины, позволяет сократить расход клея и грунта и исключить операцию шлифования.

В шестой главе представлены результаты проведенных опытно-промышленных разработанных технологических рекомендаций по применению термомеханически модифицированной древесины ольхи и березы в качестве лицевого слоя многослойных паркетных изделий.

Разработанный на основе экспериментальных исследований режим термомеханического модифицирования древесины ольхи был апробирован ООО «Фабрика дверей «Лоза» путем выпуска опытной партии уплотненных ламелей для лицевого слоя многослойных паркетных покрытий в объеме 50 м<sup>2</sup>. Древесина ольхи плотностью (520±5) кг/м<sup>3</sup> была уплотнена под давлением 18,3 МПа при температуре 100±3 °С в течении 2,4 мин. Степень уплотнения заготовок лицевого слоя составила 44% и твердость 64,2 МПа. Полученные ламели из уплотненной древесины ольхи были использованы в промышленных условиях на ОАО «Гомельдрев» филиал «Паркетный завод» с получением высококачественной паркетной доски 15×100×320 мм в объеме 48 м<sup>2</sup>. Основание двухслойной паркетной доски было изготовлено из влагостойкой фанеры марки ФСФ толщиной 12 мм. Для склеивания применялся полиуретановый клей ПУ-501.8 (Kleiberit), склеивание проводилось по ранее разработанному режиму.

Годовой ожидаемый экономический эффект от замены древесины дуба термомеханически модифицированной древесиной ольхи на ОАО «Гомельдрев» филиал «Паркетный завод» составил 2 131,0 млн. руб. из расчета на 100 тыс. м<sup>2</sup> многослойной паркетной доски (в ценах на 2013 г.), что свидетельствует о практической значимости полученных результатов исследований.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. Экспериментально установлено улучшение физико-механических свойств древесины ольхи (в среднем плотности на 43%, твердости на 55%, износостойкости на 50%, влагопоглощения в 6 раз) и березы (в среднем плотности на 31%, твердости на 50%, износостойкости в 2 раза, влагопоглощения в 4 раза) за счет термомеханического модифицирования [4 – А, 7 – А, 9 – А, 17 – А, 20 – А].

2. Разработаны технологические режимы получения термомеханически модифицированной древесины ольхи (давление прессования  $P = 18,3$  МПа, температура прессования  $T = 98,1$  С°, время прессования  $t = 2,4$  мин) и березы (давление  $P = 19,6$  МПа, температура  $T = 110$  С° и время прессования  $t = 3,0$  мин), позволяющие получать древесину с высокими показателями плотности, твердости, износостойкости и влагопоглощения, и паркетные изделия на ее основе, удовлетворяющие требованиям СТБ 2121-2010 [7 – А, 10 – А, 21 – А, 22 – А].

3. Установлено и научно обосновано влияние термомеханического модифицирования на изменение структуры компонентов лигноуглеводной матрицы древесины ольхи за счет образования дополнительных связей с участием макромолекул лигнина, обеспечивающих стабильность формы и однородность свойств получаемой термомеханически модифицированной древесины [5 – А, 6 – А, 11 – А, 15 – А, 16 – А].

4. Установлено и научно обосновано снижение расхода клеевых (на 13%) и лакокрасочных материалов (грунта на 30%) при высоких значениях прочности склеивания лицевого слоя из уплотненной древесины с основанием (7,4–7,8 МПа) и адгезии защитно-декоративных покрытий к уплотненной древесине (7,1–7,5 МПа) [3 – А, 8 – А, 14 – А, 16 – А, 18 – А, 19 – А].

5. Результаты опытно-промышленных испытаний разработанных технологических рекомендаций путем выпуска двухслойной паркетной доски с лицевым слоем из уплотненной древесины, полученной по разработанным режимам, подтверждают целесообразность замещения древесины дуба термомеханически модифицированной древесиной ольхи и березы [1 – А, 2 – А, 8 – А, 12 – А, 13 – А].

### Рекомендации по практическому использованию

Разработанные рекомендации по технологии получения и применения термомеханически модифицированной древесины ольхи и березы могут быть использованы на предприятиях, производящих паркетные и другие столярно-строительные изделия. Для производства термомеханически модифицированной древесины ольхи и березы на предприятии необходима организация участка по прессованию, включающего пресс, обеспечивающий давление прессования 18–20 МПа (18–20 Н/мм<sup>2</sup>) и температуру прессования 100–120 С°.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

### Статьи в научных журналах, входящих в перечень ВАК

1 – А Игнатович, Л.В. Конструктивные и технологические особенности трехслойной паркетной доски / Л.В. Игнатович, С.С. Утгоф // Архитектура и строительные науки. – 2012. – № 2–3. – С. 49–51.

2 – А Игнатович, Л.В. Комплексная оценка качества напольных покрытий и затрат на их устройство, эксплуатацию / Л.В. Игнатович, А.Н. Кривоблоцкий, С.С. Утгоф // Труды БГТУ. – 2012. – № 2: Лесная и деревообаб. пром-ть. – 2012. – С. 144–148.

3 – А Утгоф, С.С. Application of nanoadditives for wear resistance improvement of parquet protective and decorative coatings / С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович, А.М. Романова // Труды БГТУ. – 2012. – № 4: Химия и технология орган. в-в. – 2012. – С. 124–127.

4 – А Игнатович, Л.В. Технология многослойных паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягких лиственных пород / Л.В. Игнатович, С.С. Утгоф, А.М. Бут-Гусаим // Труды БГТУ. – 2013.– № 2: Лесная и деревообаб. пром-ть. – 2013. – С. 114–119.

5 – А Утгоф, С.С. Особенности структуры и свойств уплотненной древесины мягких лиственных пород / С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович // Весник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. – 2013 г. – № 3: Серия 6. Техника. – С. 70–75.

6 – А Утгоф, С.С. Идентификация химических и механических изменений древесины ольхи в результате пластификации / С.С. Утгоф // Труды БГТУ. 2014. – № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – С. 124–129.

7 – А Утгоф, С.С. Применение математического моделирования для определения влияния технологических факторов на физико-механические свойства уплотненной термомеханическим способом древесины березы и ольхи / С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович // Труды БГТУ. 2014. – № 2: Лесная и деревообаб. Пром-ть. – С. 94–100.

8 – А Утгоф, С.С. Оценка экономической эффективности производства многослойных паркетных покрытий с лицевым слоем из уплотненной термомеханическим способом древесины березы и ольхи / С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович // Труды БГТУ. 2014. – № 2: Лесная и деревообаб. пром-ть. – С. 100–104.

### Статьи в сборниках научных трудов

9 – А Игнатович, Л.В. Ресурсосберегающая технология многослойных паркетных покрытий / Л.В. Игнатович, С.С. Утгоф // Деревообработка:

технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды VII международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 23 – 25 мая 2012 г. – Екатеринбург, 2012. – С. 102–106.

10 – A Utgof, S.S. Mathematical modeling application to determine the effect of technological factors on physical and mechanical properties of densified low density deciduous wood / S.S. Utgof, L.V. Ignatovich // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Vien, May–June. – 2014, № 3. – P. 59–64.

11 –А Утгоф, С.С. Идентификация химических изменений древесины ольхи в результате ее уплотнения термомеханическим методом / С.С. Утгоф // Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика», Воронеж, май 2014. – Воронеж, 2014. – № 3. – С. 257–261.

### **Материалы конференций и тезисы докладов**

12 – A The Assessment of Flooring Quality and Cost of Its Service / L. Ignatovich, A. Romanova, A. Krivoblotskij, S. Utgof // Материалы международной Интернет-конференции «Эффективные инструменты современных наук», Прага, 27.04–5.05.2012. – Прага, 2012. – С. 36–38.

13 -- А Комплексная оценка деревянных напольных покрытий // Л.В. Игнатович, А.Н. Кривоблоцкий, С.С. Утгоф, В.С. Бричкалович // Материалы XIII международной научно-технической Интернет-конференции «Лес-2012», Брянск, 1 мая – 1 июня 2012 г. / БГИТА. – Брянск, 2012. – С. 79–83.

14 – А Барташевич, А.А. Ресурсосберегающая технология паркетных покрытий / А.А. Барташевич, Л.В. Игнатович, С.С. Утгоф // Материалы XIII-й международной научно-технической Интернет-конференции «Лес-2012», Брянск, 1 мая – 1 июня 2012 г. / БГИТА. – Брянск, 2012. – С. 47–50.

15 – А Утгоф, С.С. Исследование эффективности использования уплотненной древесины мягких лиственных пород для производства изделий из древесины с улучшенными эксплуатационными свойствами / С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович // «Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития». – Гродно, 16-17 мая, 2013 г. / ГрГУ им. Я. Купалы. – С. 143–147.

16 – А Утгоф, С.С. Композиционные клееные материалы на основе уплотненной, древесины мягких лиственных пород / С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович // Материалы МНТК «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития», Минск, 27–29 нояб. 2013 г. / БГТУ – Минск, 2013. – С. 170–173.

17 – А Утгоф, С.С. Влияние технологических факторов на физико-механические характеристики уплотненной древесины мягких лиственных пород / С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович // Материалы МНТК «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития», Минск, 27–29 нояб. 2013 г./ БГТУ – Минск, 2013. – С. 173–176.

18 – А Барташевич, А.А. Ресурсосберегающая технология паркетных покрытий / А.А. Барташевич, Л.В. Игнатович, С.С. Утгоф //МНТК «Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления», Минск, 23–24 нояб. 2011 г./ БГТУ – Минск, 2011. – С. 173–175.

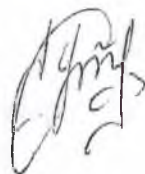
19 – А Утгоф, С.С. Особенности технологии многослойных паркетных покрытий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягких лиственных пород/ С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович// Материалы V Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире», Санкт-Петербург, 12–13 марта 2014 г. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 24–27.

20 – А Утгоф, С.С. Технология паркетных покрытий с лицевым слоем из мягколиственных пород древесины / С.С. Утгоф // VI Машеровские чтения: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 27–28 сент. 2012 г. / ВГУ. редкол.: А.П. Солодков (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова. – 2012. – С. 123.

### **Заявки на изобретения**

21 – А Способ изготовления многослойных клееных паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягких лиственных пород: заявка на патент. Респ. Беларусь, МПК (2006.1) В27М 3/04, 3/06/ С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович, А.А. Барташевич, А.В. Зубачев; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. – № а 20121604 от 23.11.2012 г.

22 – А Способ изготовления паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины методом проката с одновременным приклеиванием основания: заявка на патент. Респ. Беларусь, МПК (2006.1) В27М 1/02/ С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович, С.В. Шетько; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т.– № а 20130214 от 19.02.2013 г.



## РЭЗІЮМЭ

### Утгоф Святлана Сяргеёўна

#### Тэрмамеханічная мадыфікаваная драўніна вольхі і бярозы для вырабу знешняга слоя паркетных вырабаў

**Ключавыя словы:** драўніна вольхі, драўніна бярозы, драўніна дубу, тэрмамеханічнае мадыфікаванне, тэхналагічныя рэжымы, фізіка-механічныя ўласцівасці, шматслойныя паркетныя вырабы.

**Аб'ект даследавання:** рэжымы тэрмамеханічнага мадыфікавання драўніны вольхі і бярозы. Прадмет даследавання – тэрмамеханічная мадыфікаваная драўніна вольхі і бярозы, шматслойны паркет са знешнім слоем з ушчыльненай вольхі і бярозы.

**Мэта працы:** навуковае абгрунтаванне і распрацоўка рэжымаў тэрмамеханічнага мадыфікавання (ушчыльнення) драўніны вольхі і бярозы, накіраваных на паляпшэнне фізіка-механічных уласцівасцяў драўніны для замяшчэння драўніны цвердаліставых парод у вытворчасці шматслойных паркетных вырабаў.

**Метады даследавання:** для вывучэння ўплыву тэхналагічных фактараў на фізіка-механічныя ўласцівасці выкарыстоўваўся план Бокса, статыстычная апрацоўка вынікаў эксперыменту ажыццяўлялася з дапамогай наступных камп'ютарных праграм: MS Excel, Statistica 6 і Mathcad 14. Фізіка-механічныя ўласцівасці вызначаліся ў адпаведнасці са стандартамі. Для ацэнкі ўплыву тэрмамеханічнага мадыфікавання на кампаненты лігнэвуляводнай матрыцы драўніны прымяняліся наступныя метады даследавання: тэрмагравіметрыя, ІЧ-спектраскапія і сканавальная электронная мікраскапія.

**Навуковая навізна атрыманых вынікаў:** падчас даследаванняў устаноўлена паляпшэнне фізіка-механічных уласцівасцяў драўніны вольхі і бярозы. Распрацаваны рэжымы тэрмамеханічнага мадыфікавання драўніны вольхі: ціск  $P = 18,3$  МПа, тэмпература  $t = 98,1$  °С, час прэсавання  $T = 2,4$  мін.; бярозы: ціск  $P = 19,6$  МПа, тэмпература  $t = 110$  °С і час прэсавання  $T = 3,0$  мін. Навукова абгрунтавана паляпшэнне фізіка-механічных уласцівасцяў ушчыльненай драўніны, за кошт утварэння дадатковых сувязяў у яе структуры з удзелам макрамалекул лігніну ў працэсе тэрмамеханічнага мадыфікавання.

**Ступень выкарыстання:** распрацаваныя тэхналагічныя рэжымы і рэкамендацыі былі апрабаваны доследна-прамысловымі выпрабаваннямі двухслойнай паркетнай дошкі са знешнім слоем з ушчыльненай драўніны вольхі.

**Галіна выкарыстання:** распрацаваныя тэхналагічныя рэжымы і рэкамендацыі могуць быць выкарыстаны на прадпрыемствах, якія вырабляюць паркетныя і іншыя сталярна-будаўнічыя вырабы.

## РЕЗЮМЕ

Утгоф Светлана Сергеевна

### Термомеханически модифицированная древесина ольхи и березы для изготовления лицевого слоя паркетных изделий

**Ключевые слова:** древесина ольхи, древесина березы, древесина дуба, термомеханическое модифицирование, технологические режимы, физико-механические свойства, многослойные паркетные изделия

**Объектом исследования:** режимы термомеханического модифицирования древесины ольхи и березы. **Предмет исследования** – термомеханически модифицированная древесина ольхи и березы, многослойный паркет с лицевым слоем из уплотненной ольхи и березы.

**Целью работы:** научное обоснование и разработка режимов термомеханического модифицирования (уплотнения) древесины ольхи и березы, направленных на улучшение физико-механических свойств древесины для замещения древесины твердолиственных пород в производстве многослойных паркетных изделий.

**Методы исследования:** для изучения влияния технологических факторов на физико-механические свойства использовался план Бокса, статистическая обработка результатов экспериментов осуществлялась с помощью: MS Excel, Statistica 6 и Mathcad 14. Физико-механические свойства определялись в соответствии со стандартами. Для оценки влияния термомеханического модифицирования на компоненты лигноуглеводной матрицы древесины применялись: термогравиметрия, ИК-спектроскопия и сканирующая электронная микроскопия.

**Научная новизна полученных результатов:** в ходе исследований установлено улучшение физико-механических свойств древесины ольхи и березы. Разработаны режимы термомеханического модифицирования древесины ольхи: давление  $P=18,3$  МПа, температура  $t=98,1$  С°, время прессования  $T=2,4$  мин.; березы: давление  $P=19,6$  МПа, температура  $t=110$  С°, время прессования  $T=3,0$  мин. Научно обосновано улучшение физико-механических свойств уплотненной древесины за счет образования дополнительных связей в ее структуре с участием макромолекул лигнина в процессе термомеханического модифицирования.

**Степень использования:** разработанные технологические режимы и рекомендации были апробированы опытно-промышленными испытаниями двухслойной паркетной доски с лицевым слоем из уплотненной древесины ольхи.

**Область применения:** разработанные режимы и рекомендации могут быть использованы на предприятиях, производящих паркетные и другие столярно-строительные изделия.

## SUMMARY

Sviatlana S. Uthof

### **Thermomechanically modified alder and birch wood for the top layer parquet articles manufacture**

**Keywords:** alder wood, birch wood, oak wood, modification, technological regimes, physical and mechanical properties, multilayer parquet articles.

**The object:** of study regimes of thermomechanical alder and birch wood modification. **The subject** of research is thermochemically modified alder and birch wood, multilayer parquet with a top layer of the compacted alder and birch.

**The aim** is to develop the scientific basis and regimes of thermomechanical modification (compaction) of alder and birch wood to improve the physical and mechanical properties of wood for replacing the hardwood in the production of multi-layer parquet products.

**Research methods.** To study the effect of technological factors on the physical and mechanical properties of the used-up Box plan, a statistical analysis of the results of experiments were carried out with the use of MS Excel, Statistica 6 and Mathcad 14. Physical and mechanical properties were determined in accordance with the standards. Thermogravimetry, infrared spectroscopy and scanning electron microscopy were applied to assess the effect of thermo-mechanical modification on the components of lignocarbohydrate matrix of wood.

**Scientific novelty of the results:** the obtained result of our work was the improvement of physical and mechanical properties of alder wood and birch. The developed regimes of thermomechanical modification for alder wood are: pressure  $P = 18,3$  MPa, temperature  $t = 98,1$  °C and pressing time  $T = 2,4$  min. For birch they are: pressure  $P = 19,6$  MPa, temperature  $t = 110$  °C and pressing time  $T = 3,0$  min. Improvement of physical and mechanical properties of the compacted wood was proved to become real due to formation of additional bonds in its structure with the participation of lignin macromolecules during thermomechanical modification.

**Efficiency:** the technological regimes and recommendations were approved with pilot tests for the two-layer parquet board with top layer of the compacted alder wood.

**Application domain:** the technological regimes and recommendations can be used in the parquet and other joinery construction products enterprises manufacturing.



Научное издание

Утгоф Светлана Сергеевна

**ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА  
ОЛЬХИ И БЕРЕЗЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИЦЕВОГО СЛОЯ  
ПАРКЕТНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности  
05.21.05 – древесиноведение, технология и оборудование  
деревопереработки

Ответственный за выпуск С. С. Утгоф

Подписано в печать 25.09.2014. Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,5.  
Тираж 60 экз. Заказ 398.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
УО «Белорусский государственный технологический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/227 от 20.03.2014  
ЛП № 02330/12 от 30.12.2013.  
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.