

674  
И 26

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.М.КИРОВА

На правах рукописи

ИГНАТОВИЧ ЛЮДИЛА ВЛАДИМИРОВНА

УДК 674.048.5:674.213:674.692.5

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ  
МЯГКИХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ПАРКЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ

05.21.05 Технология и оборудование  
деревообрабатывающих производств,  
древесиноведение

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск 1989

Работа выполнена в Белорусском ордена Трудового Красного  
Знамени технологическом институте имени С.М.Кирова

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор  
ШУТОВ Г.М.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор  
КИРИЛЛОВ А.Н.  
кандидат технических наук, доцент  
КУЦАК А.А.

Ведущее предприятие - Украинский научно-исследовательский  
институт механической обработки  
древесины, г.Киев

Защита состоится "21" ноября 1989 г. в "14" час.  
на заседании специализированного совета К.056.01.01 в  
Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологичес-  
ком институте имени С.М.Кирова  
(220630, г.Минск, ул.Свердлова, 13-а, корпус 4, зал засе-  
даний)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского  
ордена Трудового Красного Знамени технологического института  
имени С.М.Кирова

Автореферат разослан " " \_\_\_\_\_ 1989 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета

С.П.ТРОФИМОВ

© Белорусский ордена Трудового  
Красного Знамени технологический  
институт имени С.М.Кирова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В жилищно-гражданском строительстве одной из важных проблем является устройство полов. Несмотря на интенсивное развитие производства различных синтетических материалов, созданных для изготовления покрытий пола, древесина, благодаря высоким потребительским свойствам, по-прежнему является одним из широко применяемых материалов. Метод шпона дает возможность создать различные рисунки паркетных покрытий с целью использования эстетических достоинств, текстуры древесины. Для их изготовления в настоящее время применяется высококачественная древесина твердых лиственных пород, ресурсы которой ограничены.

Одним из наиболее эффективных заменителей древесины ценных пород в производстве паркетных покрытий является модифицированная древесина мягких лиственных пород. Модифицирование дает возможность значительно улучшить эксплуатационные свойства древесины за счет улучшения ее физико-механических свойств без изменения текстуры исходной древесины и повысить срок службы изделий. Для изготовления паркетных покрытий необходимо использовать древесину, модифицированную составами, которые выпускаются многотоннажно и доступны для промышленного применения.

Работа выполнялась в соответствии с планом основных научно-исследовательских работ проблемной научно-исследовательской лаборатории модификации древесины Белорусского ордена Трудового Красного Знамени технологического института имени С.М.Кирова по темам "Разработка научных основ модифицирования древесины термохимическим способом; исследование свойств модифицированной древесины; совершенствование процессов модифицирования древесины" (номер государственной регистрации 81011548, 1981-1985 гг.) и "Разработка теоретических основ направленного модифицирования свойств древесины, клееных и плитных материалов термохимическим способом" (номер государственной регистрации 01860040182, 1986-1988 гг.), координируемым планом научно-исследовательских работ Минвуза СССР по проблеме "Комплексное и рациональное использование лесных ресурсов" за 1981-1985 годы, раздел 18, планом АН СССР по важнейшим фундаментальным проблемам на период 1978-1990 годы по теме "Научные основы переработки и использования древесины",

ИСТИНА ВЪ  
им. С. М. Кирова

раздел 10.

Цель работы заключается в разработке эффективной технологии модифицирования древесины мягких лиственных пород для производства паркетных покрытий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

- выполнить теоретические и экспериментальные исследования процессов вакуумирования, проницаемости и пропитки древесины в зависимости от ее породы и свойств модифицирующих составов;

- разработать эффективные пропиточные составы и рациональные технологические процессы модифицирования древесины мягких лиственных пород и березы для получения материала, удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к паркетным покрытиям;

- разработать технологические процессы для производства паркетных покрытий с применением модифицированной древесины.

Достоверность результатов исследований подтверждена применением стандартизированных методик, обработкой экспериментальных результатов с помощью статистических методов анализа, применением ЭВМ и практической реализацией их при внедрении в производство.

Научная новизна. Получена обобщенная зависимость в безразмерной форме продолжительности вакуумирования древесины вдоль волокон и пропитки древесины в зависимости от ее свойств и технологических параметров. Предложен состав на основе МФПС-2 с повышенной жизнеспособностью. Впервые определены коэффициенты проницаемости древесины ольхи и березы пропиточными составами на основе мочевиноформальдегидной смолы марки МФПС-2 и полиэфирного лака ПЭ-232. Установлены оптимальные величины содержания компонентов состава и технологических параметров процесса пропитки, необходимые для получения максимальных значений как отдельных свойств, так и комплексов механических, физических или физико-механических свойств модифицированной древесины. Определены цветовые и световые характеристики паркетных изделий из модифицированной древесины. Предложены способы изготовления штучного паркета и лицевого слоя паркетных покрытий, за которые получены авторские свидетельства.

Практическая значимость заключается в разработке технологии и параметров модифицирования древесины составами на основе смолы МФПС-2 и полиэфирного лака ПЭ-232 и способов изготовления паркетных изделий из модифицированной древесины, позволяющих заменить дефицитную и дорогостоящую древесину твердых лиственных пород на модифицированную древесину мягких лиственных пород и березы.

Обоснованные в работе технологические параметры положены в основу разработки опытно-промышленной установки и внедрения технологического процесса производства паркетных щитов с лицевым слоем из модифицированной древесины.

Апробация работы. Основные результаты работы обсуждались на Всесоюзной (г. Минск, 1985 г.), республиканских (г. Тбилиси, 1987 г., г. Минск, 1985 г.) и институтских научно-технических конференциях (г. Минск, 1987, 1988 гг.).

По результатам исследований разработана, изготовлена и введена в эксплуатацию в 1986 году на производственном объединении "Бобруйскдрев" опытно-промышленная установка по изготовлению паркетных щитов с лицевым слоем из модифицированной древесины. Выпущена опытная партия паркетных щитов с лицевым слоем из модифицированной древесины. Экономический эффект составил 2,87 руб/м<sup>2</sup>.

Изделия из модифицированной древесины (штучный паркет и паркетный щит) демонстрировались на Международной выставке в Эфиопии (1988 г.), на ВДНХ СССР (1988 г.), республиканской и институтской выставках (1987-1989 гг.).

Публикации. По основным результатам, изложенным в диссертации, опубликовано 6 печатных работ, получено 2 авторских свидетельства СССР на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, описки использованной литературы и приложений; содержит 142 страницы основного машинописного текста, 50 рисунков, 39 таблиц, 30 страниц приложений. Библиографический список состоит из 150 наименований литературных источников.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель работы, задачи исследований и основные положения,

которые выносятся на защиту.

В первом разделе приводится аналитический обзор публикаций и критическая оценка состояния вопроса по модифицированию древесины и ее применение в производстве паркетных покрытий. Систематизированы и проанализированы литературные данные по типам и конструкциям существующих паркетных покрытий, модифицирующим составам и технологическим процессам модифицирования. Показано, что модифицирование древесины термохимическим способом является одним из наиболее эффективных путей улучшения свойств древесины. Анализ литературных данных свидетельствует об актуальности проблемы разработки эффективных модифицирующих составов с целью получения древополимерного материала, способного найти широкое применение в производстве паркетных покрытий. Эффективными смолами для модифицирования древесины являются карбамидоформальдегидные и полиэфирные смолы, которые выпускаются многотоннажно и доступны для промышленного применения. Кроме того, данные смолы, имеют разрешение Минздрава СССР на применение в жилищном и гражданском строительстве.

Во втором разделе рассмотрены процессы вакуумирования древесины, проницаемости и пропитки ее модифицирующими составами. Анализ вакуумирования древесины основывается на известной в литературе модели этого процесса, в которой фильтрация воздуха вдоль волокон описывается законом Дарси. В данной модели расчет процесса вакуумирования древесины осуществляется по дифференциальному уравнению численным методом на ЭВМ. При изменении численных значений параметров модели возникает необходимость нового расчета процесса.

Для получения обобщенного уравнения процесса вакуумирования было осуществлено представление параметров в безразмерной критериальной форме. В этом случае безразмерные нормированные величины давления и координаты по длине образца принимаются

$$\theta_p = \frac{p}{p_0} ; \quad x = \frac{x}{l} .$$

где  $p_0$  - начальное давление воздуха в древесине, Па;  
 $l$  - размер образца, м.

Безразмерный параметр, характеризующий давление среды в автоклаве

$$\theta_c = \frac{P_c}{P_0}$$

Тогда известное уравнение изменения давления воздуха в древесине при ее вакуумировании вдоль волокон в критериальной форме имеет вид

$$\theta_p = f(X; F; L; S), \quad (I)$$

где  $L = \frac{2K^2RTA\delta^2}{\omega^2 \mu \delta^2}$  - безразмерный комплекс, учитывающий коэффициент проницаемости  $K$ , поверхностное сопротивление  $\xi$  и размер древесины  $\delta$ ;

$F = \frac{KRT P_0 \tau}{\mu \Pi \omega \delta^2}$  - безразмерный комплекс, являющийся аналогом массообменного критерия Фурье, учитывающий коэффициент проницаемости  $K$ , размер древесины  $\delta$  и продолжительность процесса вакуумирования  $\tau$ ;

$S = \frac{M}{V_0} \cdot \frac{\mu \omega \Pi \delta^2}{KRT P_0}$  - безразмерный комплекс, включающий в себя помимо коэффициента проницаемости  $K$  и размера древесины  $\delta$  производительность вакуумного насоса  $M$  и объем свободного пространства автоклава.

Представление решения задачи в таком виде (I) позволяет перейти от использования абсолютных значений отдельных параметров к безразмерным комплексам данных параметров. Это дает возможность использовать численное решение задачи для анализа процесса при различных значениях параметров модели.

Представленная выше модель была использована для построения номограммы расчета процесса вакуумирования древесины вдоль волокон (рис. I).

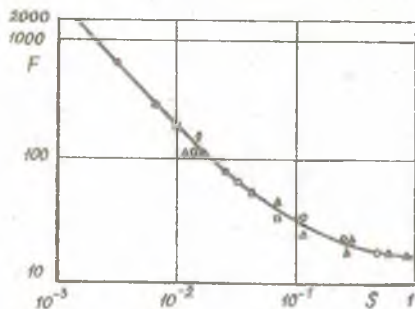


Рис. I. Номограмма расчета продолжительности процесса вакуумирования.  $\delta$  - половина длины образца:  
 • -  $\delta = 0,5$  м; □ - 1,0;  
 △ - 1,5; ○ - 2,0;  
 ▲ - 3,0.

Результаты анализа показали, что отдельные расчетные данные конкретных процессов вакуумирования дре-

весины, приведенные на рис. I, практически совпадают с зависимостью  $F(S)$ . Это свидетельствует о возможности использования предлагаемой модели для расчета процесса при различных

параметрах вакуумирования древесины. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных показало их удовлетворительное согласие (рис. 1).

На процесс фильтрации жидкости через древесину оказывают существенное влияние коэффициенты проницаемости и поверхностного сопротивления. По разработанной нами методике определены средние значения коэффициентов проницаемости и поверхностного сопротивления, установлены их абсолютные погрешности.

Пропитка древесины вдоль волокон происходит по сосудам и сосудистым трахеидам. При этом часть потока жидкости отводится из сосудов в полости клеток. Процесс заполнения сосудов вдоль волокон при пропитке описывается известным в литературе дифференциальным уравнением (Г.М.Шутова). Для получения более общего решения данного уравнения представим параметры в безразмерной критериальной форме. Тогда решение уравнения пропитки вдоль волокон примет вид

$$F_{ж} = \frac{\theta_{ж}^2}{2D} - \frac{\theta_{ж}}{D^2} - \left(\frac{D-1}{D^3}\right) \ln \left(\frac{D-1-D-\theta_{ж}}{D-1}\right) \quad (2)$$

где  $\theta_{ж} = \frac{\theta-x}{\delta}$  - относительная глубина фронта пропитки образца вдоль волокон;

$F_{ж} = \frac{K_{ж} A b \tau}{\gamma_{ж} \rho_{ж} \delta^2}$  - безразмерный комплекс, аналог массообменного критерия Фурье;

$D = \frac{R+A}{P_0}$  - безразмерный параметр, характеризующий относительное избыточное давление пропиточного раствора.

При этом максимальная глубина фронта пропитки составляет

$$\theta_{ж \max} = \frac{D-1}{D} \quad (3)$$

Процесс пропитки древесины заключается в заполнении пропиточным составом полостей сосудов ( $y_1$  - степень пропитки) и полостей клеток ( $y_2$  - степень пропитки). Процесс объемного заполнения полостей клеток и пор жидкостью предлагается описывать дифференциальным уравнением первого порядка и  $n$ -ой степени по величине  $(1-\alpha)$

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = \varphi(1-\alpha)^n, \quad (4)$$

где  $\varphi$  и  $n$  - параметры уравнения;  $\alpha$  - коэффициент объемного заполнения жидкостью полостей клеток и пор.



Разработана методика определения параметров  $\varphi$  и  $n$  по результатам экпериментальных исследований. Установлено, что эти параметры при пропитке древесины березы составом на основе МФПС-2 на протяжении всего процесса пропитки остаются практически без изменения, что овидетельствует о справедливости описания процесса заполнения полостей клеток и пор уравнением (4).

Тогда модель, описывающая процесс пропитки древесины, в безразмерной критериальной форме имеет вид

$$y(F_{ж}) = \begin{cases} y_1(F_{ж}) & \text{при } 0 \leq F_{ж} < F_{ж10} \\ y_{1max} + y_2(F_{ж}) & \text{при } F_{ж} \geq F_{ж10} \end{cases} \quad (5)$$

где  $y_1(F_{ж}) = y_{1max} \cdot \theta_{ж}(F_{ж})$  (6)

$$y_2(F_{ж}) = y_{2max} \cdot \left[ 1 - \exp\left(-\frac{\ln[1+(n-1)\varphi(F_{ж}-F_{ж10})]}{n-1}\right) \right] \quad (7)$$

$\varphi = \frac{\varphi_{ж} \rho_{ж} \sigma^2}{K_{ж} \rho_0}$  - безразмерный параметр, характеризующий заполнение полостей клеток;

$F_{ж10}$  - максимальная величина критерия  $F_{ж}$ , соответствующая максимальному заполнению сосудов вдоль волокон.

$$y_{1max} = \frac{\rho_{ж}}{\rho_0} \Pi_1 \theta_{max}, \quad y_{2max} = \frac{\rho_{ж}}{\rho_0} \Pi_2 \theta_{max}$$

Экпериментальная и теоретическая зависимость степени пропитки древесины березы от продолжительности пропитки под давлением в натуральных величинах, полученная на основе расчетов по уравнению в критериальной форме (5), приведена на рис. 2.

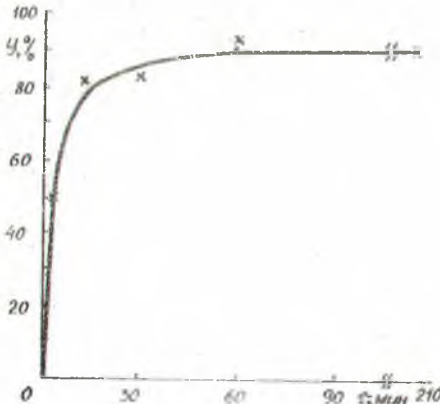


Рис. 2. Зависимость степени пропитки древесины пропиточным составом на основе смолы МФПС-2 от времени пропитки. x - экпериментальные данные.

Представленная зависимость свидетельствует о хорошем соответствии расчетных и экпериментальных данных.

Методика определения параметров про-

песса пропитки, основанная на представленной здесь модели (5), позволит существенно сократить объем вычислений и расширить возможности анализа влияния технологических и физических факторов на протекание процесса пропитки.

В третьем разделе представлена основная схема проведения экспериментальных исследований по определению различных свойств модифицированной древесины и параметров технологических процессов ее получения. Основное внимание уделено разработанной методике определения проницаемости древесины пропиточными составами, исследованию процесса модифицирования, а также исследованию цветовых характеристик модифицированной древесины.

В четвертом разделе представлены результаты экспериментальных исследований по разработке модифицирующих составов, исследованию проницаемости древесины этими составами, влиянию компонентов этих составов и технологических параметров на качество пропитки и физико-механические свойства модифицированной древесины ольхи и березы.

Разработан пропиточный состав на основе смолы МФПС-2, обладающий повышенной жизнеспособностью. Компонентами данного пропиточного состава являются: смола МФПС-2, отвердитель (хлористый аммоний) и стабилизатор (моноэтаноламин). Для изучения влияния содержания компонентов на жизнеспособность состава использовалось симплекс-решетчатое планирование Шеффе, позволяющее получить диаграмму "состав-свойство". Факторное пространство в данном случае представляет собой локальный участок 100 %-го правильного симплекса. В результате реализации матрицы планирования эксперимента получено адекватное уравнение регрессии для жизнеспособности состава

$Y_{ж}$  (сут) :

$$Y_{ж} = X_1 + 1,5X_2 + 3,0X_3 + X_1X_2 + 10,4X_1X_3 + 44,2X_2X_3, \quad (5)$$

где  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  - содержание в составе смолы, отвердителя, стабилизатора соответственно (безразмерные величины).

В данном методе планирования эксперимента сумма изучаемых  $K$  факторов, выраженных в кодированных величинах, равна 1.

$$\sum_{i=1}^K X_i = 1, \quad \text{где } 0 \leq X_i \leq 1 \quad (6)$$

Диаграмма "состав-свойство" по определению жизнеспособности пропиточного состава представлена на рис. 3.

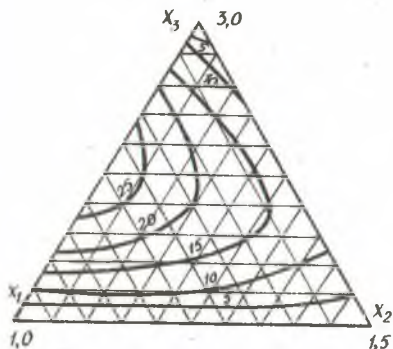


Рис. 3. Диаграмма зависимости жизнеспособности пропиточного состава ( $Y_{ж}$ ) от содержания его компонентов ( $X_1, X_2, X_3$ ).

Анализ диаграммы (рис. 3) показал, что жизнеспособность разработанного состава увеличивается с 1,5 до 28 суток. Максимальная жизнеспособность пропиточного состава получена при содержании в составе:

смолы - 97,5 %, отвердителя - 0,5 %, стабилизатора - 2,0 %.

Исследована проницаемость древесины березы и ольхи пропиточным составом на основе МФПС-2. Установлено, что средние величины коэффициентов проницаемости древесины ольхи и березы практически одинаковы и составляют  $(2-4) \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ . Максимальные величины коэффициентов поверхностного сопротивления ольхи и березы -  $1 \cdot 10^6$  и  $5,6 \cdot 10^6$  соответственно. Результаты показали, что коэффициент проницаемости древесины березы данным составом примерно в 1,6 раза больше, чем для известного состава на основе фенолоспиртов.

Определена зависимость степени пропитки древесины ольхи и березы составом на основе МФПС-2 от технологических факторов. Величина остаточного давления воздуха в древесине при ее вакуумировании составляла 6 кПа и величина избыточного давления 0,8 МПа. Установлено, что при пропитке коротких образцов древесины (до 1 м) наибольшее влияние оказывает продолжительность процесса пропитки под действием избыточного давления.

Исследовано влияние содержания компонентов пропиточного состава и продолжительности пропитки под действием избыточного давления на величину степени пропитки и содержание полимера в древесине. Использование метода симплекс-решетчатого планирования эксперимента позволило получить адекватные уравнения регрессии для пропитки древесины ольхи и березы и построить соответствующие диаграммы "состав-овоество". Анализ диаграмм позволил определить области значений исследуемых факторов, при которых достигается максимальная величина степени

пропитки древесины березы - 120 % и ольхи - 160 %.

При получении модифицированной древесины на основе МФПС-2 термособработка пропитанной древесины осуществлялась по режимам, которые используются при модифицировании древесины терморезактивными полимерами.

Проведены исследования влияния содержания компонентов пропиточного состава и продолжительности пропитки под действием избыточного давления на физико-механические свойства модифицированной древесины. На основе реализации симплексо-решетчатого метода планирования эксперимента получены адекватные уравнения регрессии для четырех физико-механических свойств древесины ольхи и березы, модифицированных составом на основе МФПС-2.

Физико-механические свойства, исследуемые в работе, являются наиболее важными для паркетных изделий. Величина физико-механических свойств выражается эффектом модифицирования (отношением максимального значения одного из свойств модифицированной и натуральной древесины к минимальному).

Статическая твердость модифицированной древесины в радиальной плоскости для ольхи:

$$\hat{Y}_{TK(0)} = 2,7X_1 + 3,1X_2 + 2,49X_3 + 2,79X_4 - 0,08X_1X_2 - 0,06X_1X_3 + 0,22X_1X_4 + 0,02X_2X_3 - 4,18X_2X_4 + 0,64X_3X_4 \quad (7)$$

Сопротивление истиранию модифицированной древесины

ольхи

$$\hat{Y}_{II(0)} = 1,48X_1 + 7,8X_2 + 3,37X_3 + 0,88X_4 - 2,14X_1X_2 - 0,66X_1X_3 + 13,2X_1X_4 - 17,2X_2X_3 - 12,1X_2X_4 - 5,86X_3X_4 \quad (8)$$

Линейное разбухание в тангенциальном направлении модифицированной древесины ольхи

$$\hat{Y}_{P(0)} = 1,59X_1 + 1,03X_2 + 1,93X_3 + 1,37X_4 + 1,24X_1X_2 - 0,72X_1X_3 - 1,72X_1X_4 - 2,08X_2X_3 - 0,08X_2X_4 - 2,1X_3X_4 \quad (9)$$

Водопоглощение модифицированной древесины ольхи

$$\hat{Y}_{B(0)} = 2,44X_1 + 2,17X_2 + 1,57X_3 + 3,9X_4 - 0,02X_1X_2 + 5,42X_1X_3 + 2,56X_1X_4 + 5,72X_2X_3 + 3,26X_2X_4 + 1,06X_3X_4 \quad (10)$$

Аналогичные уравнения регрессии были получены для древесины березы.

На основе данных уравнений регрессии были построены диаграммы "состав-свойство". Пример такой диаграммы приведен на рис. 4.

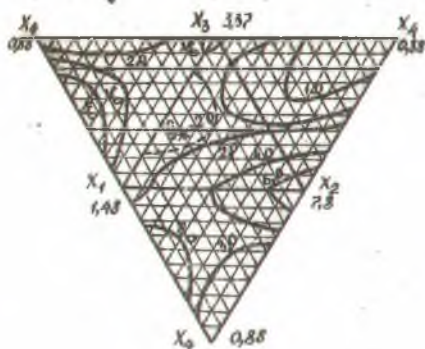


Рис. 4. Диаграмма зависимости сопротивления истиранию модифицированной древесины ольхи ( $Y_4$ ) от содержания компонентов состава ( $X_1, X_2, X_3$ ) и продолжительности пропитки ( $X_4$ ).

Анализ диаграммы позволил определить области значений исследуемых факторов, при которых определяемые свойства имели самые высокие значения. При этом, полученное соотношение компонентов обеспечивает жизнеспособность пропиточного состава не менее 20 суток. Реализация значений факторов позволила получить следующие величины физических и механических свойств модифицированной древесины, выраженных эффектом модифицирования: статическая твердость в радиальной плоскости ольхи - 3,0, березы - 1,3; сопротивление истиранию ольхи - 3,5, березы - 2,5; линейное разбухание в радиальной плоскости ольхи - 1,7, березы - 1,3; величина водопоглощения ольхи - 3,7, березы - 2,0.

Оценка качества модифицированной древесины как конструкционного материала осуществляется, как правило, не по отдельным свойствам, а по комплексу его свойств. Для выражения величины комплекса свойств нами используется безразмерная величина (комплекс), характеризующая степень влияния каждого из рассматриваемых свойств. В данном случае величина комплекса  $Y_K$  определяется как сумма произведений каждого свойства на его вес (степень ценности)  $a_i$  в группе свойств.

$$Y_K = \sum_{i=1}^n a_i Y_i, \quad \text{где} \quad \sum_{i=1}^n a_i = 1 \quad (II)$$

Данный метод был использован для определения комплекса трех групп свойств: физических, механических и, в целом, физико-механических. В качестве физических свойств рассматривалось линейное разбухание в тангенциальном направлении и водопоглощение, в качестве механических - статическая твердость в радиальной плоскости и сопротивление истиранию. В общую группу физико-механических свойств включались все четыре свойства.

Исследовано влияние содержания компонентов пропиточного состава и продолжительности пропитки под действием избыточного давления на величину комплексов физических, механических и физико-механических свойств. При этом, отдельные свойства, входящие в выражение комплекса, описывались уравнениями регрессии, приведенными выше. Было принято, что веса (ценности) свойств, влияющих на общую характеристику материала, одинаковы. Для комплекса физико-механических свойств модифицированной древесины ольхи  $\bar{y}_{к(о)}$ :

$$\bar{y}_{к(о)} = 2,05X_1 + 3,5X_2 + 2,3X_3 + 2,2X_4 - 1,7X_1X_2 + 0,8X_1X_3 + 3,9X_1X_4 - 1,9X_2X_3 - 2,8X_2X_4 - 1,1X_3X_4 \quad (12)$$

Аналогичное уравнение регрессии было получено для древесины березы.

Подобные выражения были получены для комплексов физических и механических свойств. На основе полученных уравнений комплекса физико-механических свойств модифицированной древесины ольхи и березы были построены соответствующие диаграммы "состав-свойство". Одна из них представлена на рис. 5.

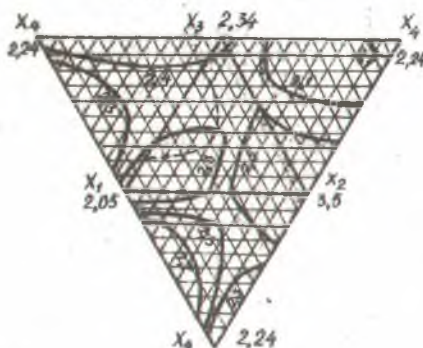


Рис. 5. Диаграмма зависимости величины комплекса физико-механических свойств древесины ольхи ( $\bar{y}$ ) от содержания компонентов пропиточного состава ( $X_1, X_2, X_3$ ) и продолжительности пропитки ( $X_4$ ).

Для определений наибольшей величины комплексов физических, механических и физико-механических свойств осуществлялась их оптимизация. Она заключалась в поиске максимума величины комплекса, выраженного соответствующим уравнением регрессии. В качестве ограничений, накладываемых на область поиска оптимальных факторов, использовались следующие условия: величина отдельного свойства, выраженного эффектом модифицирования  $\bar{y}_i \geq 1$ , жизнеспособность состава  $\bar{y}_ж \geq 20$  сут, продолжительность пропитки под давлением  $X_4 \leq 0,2$ .

Решение данной задачи осуществлялось численным методом с использованием ЭВМ. Результаты оптимизации приведены в табл. I.

Табл. I. Значения исследуемых факторов для получения максимального комплекса свойств модифицированной древесины

Исследуемые факторы (в натуральном выражении)				Свойства, выраженные эффектом модифицирования				Комплексы физико-механических свойств (эффект модифицирования)	
содержание смолы	содержание дубильных веществ	содержание лигнина	продолжительность хранения	статистическая достоверность	сопротивление истиранию	линейное расширение	водопоглощение	прочность на разрыв	ударная вязкость
$Z_1, \%$	$Z_2, \%$	$Z_3, \%$	$Z_4, \text{ч}$	$Y_{1M}$	$Y_{2M}$	$Y_{1Ф}$	$Y_{2Ф}$	$Y_{КФМ}$	

ольха									
97,7	0,5	1,8	0,8	<u>2,6</u> *	<u>2,9</u>	-	-	-	-
				1,4	2,8				
97,7	0,5	1,8	0,5	-	-	<u>1,6</u>	<u>3,4</u>	-	-
						1,5	1,5		
97,7	0,5	1,8	0,8	<u>2,6</u>	<u>2,9</u>	<u>1,2</u>	<u>3,6</u>	<u>2,6</u>	-
				1,4	2,8	1,2	1,6	1,7	
береза									
98,5	0,5	1,0	0,5	<u>1,2</u>	<u>2,6</u>	-	-	-	-
				1,2	2,0				
97,5	2,0	0,5	-	-	<u>1,8</u>	<u>2,0</u>	-	-	-
					1,5	1,7			
98,5	0,5	1,0	0,5	<u>1,2</u>	<u>2,6</u>	<u>1,6</u>	<u>2,0</u>	<u>1,9</u>	-
				1,2	2,0	1,4	1,7	1,6	

\* В числителе эффект модифицирования определен по отношению к исходной натуральной древесине, в знаменателе - по отношению к натуральной древесине дуба.

Важным физическим свойством паркетного изделия являются его цветовая и световая характеристики. Анализ цветовых характеристик натуральной и модифицированной смолы МФПС-2 древесины ольхи и березы, а также древесины дуба свидетельствует, что длина волны, насыщенность цвета и коэффициент отражения света статистически достоверного различия не имеют.

В работе показана возможность применения паркетных изделий модифицированной древесины пропиточным составом на основе полиэфирного лака ПЭ-232. Определена проницаемость древесины ольхи и березы данным пропиточным составом. Установлено, что средняя величина коэффициента проницаемости древесины ольхи и березы составляет  $(0,9-1,9) \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ . Максимальное значение коэффициента поверхностного сопротивления древесины

березы в 3,7 раза больше, чем древесины ольхи.

Проведены исследования влияния концентрации пропиточного состава ( $X_1$ ), содержания инициатора - гидроперекиси изопропилбензола ( $X_2$ ) и продолжительности пропитки под давлением ( $X_3$ ) на степень пропитки древесины. В результате применения полного трехфакторного эксперимента были получены адекватные уравнения регрессии, связывающие степень пропитки составом на основе лака ПЭ-232 с исследуемыми факторами.

Степень пропитки древесины ольхи

$$\hat{Y}_{n(a)} = 74,25 + 15,2 X_1 + 10,7 X_2 - 7,3 X_3 \quad (13)$$

На основе данных уравнений построены диаграммы зависимости степени пропитки от исследуемых факторов. Для достижения максимального содержания полимера в древесине целесообразно рекомендовать следующие технологические параметры: продолжительность пропитки под давлением 0,8 МПа - 1,75-2,0 ч, концентрация пропиточного состава - 77 %, содержание инициатора - 0,2 %.

Отверждение пропиточного состава на основе лака ПЭ-232 осуществлялось "холодным" способом при температуре 18-22 °С в течение 24 ч.

Древесина, модифицированная данным составом, обладает повышенными физико-механическими свойствами. Истирание модифицированной древесины ольхи и березы по отношению к натуральной древесине уменьшается в 2,1 и 5,3 раза соответственно. Величина статической твердости увеличивается в 3,8 и 1,7 раза. Величина водопоглощения уменьшается в 4,0 и 2,1 раза. По отношению к древесине дуба физико-механические свойства древесины ольхи и березы улучшаются в 1,6-2,0 раза.

На основе проведенных исследований установлено, что цветовая характеристика древесины, модифицированной составом на основе лака ПЭ-232, по отношению к исходной древесине не изменится. Световая характеристика свидетельствует, что модифицированная древесина становится несколько более темной по сравнению с исходной натуральной древесиной, но более светлой по сравнению с древесиной дуба.

Сравнение физико-механических свойств древесины, модифицированной составами на основе смолы МФПС-2 и лака ПЭ-232, показало, что древесина березы и ольхи, модифицированная последним составом, практически обладает равными свойствами с дре-



весной, модифицированной составом МФПС-2.

В пятом разделе с учетом анализа существующих технологий производства паркетных покрытий и результатов исследований предложены технологические схемы и разработаны технологии модифицирования для производства штучного паркета, паркетной доски и щитового паркета.

Для производства штучного паркета из модифицированной древесины разработана технология модифицирования паркетной фрезы из древесины мягких лиственных пород и березы составом на основе МФПС-2. Согласно авторскому свидетельству № И146203 предлагается модифицирование готового штучного паркета составом на основе полиэфирного лака ПЭ-232.

Разработаны технологические режимы модифицирования древесины планок шпона составами на основе МФПС-2 и ПЭ-232 для производства паркетной доски и паркетного щита.

Предложена технология производства паркетной доски с лицевым слоем из планок шпона, пропитанного указанными составами. Для соединения планок между собой разработан специальный станок, опытный образец которого изготовлен, установлен и пущен в эксплуатацию на ПО "Бобруйскдрев". На основании этой технологии предложена линия для изготовления паркетной доски непрерывным способом.

Разработан технологический процесс изготовления паркетных щитов с лицевым слоем из модифицированной древесины и основанием из ОСП. Предложена автоматическая линия для набора лицевого слоя паркетного щита, защищенная а.с. № 1368172.

В 1988 году ПО "Бобруйскдрев" изготовлена и пущена в эксплуатацию опытная установка по производству паркетных щитов с лицевым слоем из шпона, пропитанного составом на основе смолы МФПС-2, и основанием из ОСП.

По сравнению с себестоимостью производства паркетных щитов, имеющих лицевой слой из натуральной древесины дуба и основание из пиломатериалов хвойных пород, т.е. существующего вида и конструкции паркетного щита, выпускаемого ПО "Бобруйскдрев", себестоимость 1 м<sup>2</sup> паркетных щитов предложенного вида и конструкции с лицевым слоем из модифицированной древесины снизилась на 2 руб. 87 коп.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. На основе нормирования параметров математической модели процесса вакуумирования древесины вдоль волокон и представления ее в критериальной форме построена номограмма для практических расчетов продолжительности вакуумирования древесины различных пород в зависимости от физических свойств древесины и параметров оборудования.

2. Разработана методика расчета параметров процесса пропитки коротких образцов древесины на основе представления математической модели процесса пропитки в критериальной форме.

3. Определены величины коэффициентов проницаемости древесины ольхи и березы в зависимости от свойств пропитывающих составов на основе мочевиноформальдегидной смолы МФПС-2 и полиэфирного лака ПЭ-232. Результаты показывают возможность эффективной пропитки древесины данными составами практически в равной степени.

4. Разработан пропиточный состав на основе смолы МФПС-2. Методом симплекс-решетчатого планирования эксперимента определены оптимальные значения содержания компонентов состава, которые обеспечивают увеличение жизнеспособности пропиточного состава по сравнению с существующим в 14 раз.

5. Установлены количественное соотношение компонентов пропиточного состава (МФПС-2) и значения технологических параметров пропитки, при которых величина каждого из рассмотренных физико-механических свойств модифицированной древесины березы и ольхи, выраженных эффектом модифицирования, имеет максимальное значение.

6. Определены оптимальное содержание компонентов состава на основе смолы МФПС-2 и параметры процесса пропитки, при которых комплексы физических, механических или физико-механических свойств, выраженные эффектом модифицирования, имеют максимальные значения. При этом величины механических свойств модифицированной древесины березы возрастают в 1,2-2,6 раза, ольхи - в 2,6-2,9 раза. Физические свойства модифицированной древесины березы увеличиваются в 1,6-2,0 раза, ольхи - в 1,2-3,6 раза. Установлено, что свойства модифицированной древесины березы и ольхи превосходят аналогичные свойства не только исходной натуральной древесины, но и древесины дуба в 1,2-2,8 раза.

7. Исследования процесса модифицирования древесины березы и ольхи составом на основе полиэфирного лака ПЭ-232 показали высокие механические и физические свойства модифицированной древесины. Физические свойства модифицированной древесины березы увеличились в 2 раза, ольхи - в 4 раза. Механические свойства модифицированной древесины березы возросли в 1,9-5,3 раза, ольхи - в 2,1-3,6 раза. По отношению к древесине дуба свойства модифицированной древесины увеличились в 1,8-2 раза.

8. Разработаны технологические процессы модифицирования древесины ольхи и березы составом на основе МФПС-2 и ПЭ-232 для производства штучного паркета.

9. Разработан технологический процесс изготовления паркетных щитов с лицевым слоем из модифицированной древесины. Предложена автоматическая линия для набора лицевого слоя паркетного щита.

10. Эксплуатация опытной установки на ПО "Бобруйскдрев" по производству паркетных щитов с лицевым слоем из модифицированной древесины и основанием из ОСП показала, что себестоимость этих паркетных щитов по сравнению со щитами с лицевым слоем из натуральной древесины дуба понизилась на 2,87 руб/м<sup>2</sup>.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Игнатович Л.В. Применение модифицированной древесины для производства паркетных покрытий // Повышение эффективности использования сырья, материалов и топливно-энергетических ресурсов на предприятиях бумажной и деревообрабатывающей промышленности. - Мн., 1984. - С. 29-31.

2. Игнатович Л.В. Применение модифицированной древесины для производства индустриальных паркетных покрытий // Комплексное и рациональное использование лесных ресурсов. - Мн., 1985. - С. 213-214.

3. Шутов Г.М., Игнатович Л.В., Гальперин А.С. Проницаемость древесины пропиточными составами на основе мочевиноформальдегидной и полиэфирной смол // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. - Мн., 1988. - С. 94-97.

4. Игнатович Л.В., Шутов Г.М., Гальперин А.С., Лежень В.И. Модифицирование древесины ольхи карбамидоформальдегидным полимером на основе смолы МФПС-2 // Деревообрабатывающая промышленность. - М., 1988. - С. 19-21.

5. Таранов В.Д., Игнатович Л.В. Автоматическая линия набора лицевого слоя паркетных покрытий // Механическая обработка древесины. - М., 1988. - С. 5-6.

6. Гальперин А.С., Игнатович Л.В. Исследование жизнеспособности пропиточного состава на основе мочевиноформальдегидной смолы методом симплексного планирования // Модифицирование и защитная обработка древесины. - Красноярск, 1989. - С. 120-122.

7. А.с. № 1146203 СССР, МКИ В 27 М 3/04. Способ изготовления штучного паркета / Шутов Г.М., Лежень В.И., Игнатович Л.В., Капуста П.П.

8. А.с. № 1368172 СССР, МКИ В 27 М 3/04. Способ изготовления облицовочного покрытия паркета / Игнатович Л.В., Лежень В.И., Шутов Г.М., Таранов В.Д.

Игнатович Людмила Владимировна  
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ  
МЯГКИХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ПАРКЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Подписано в печать 16.10.89. АТ 10464. Формат 60x84 1/16.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,3. Усл. кр.-отт. 1,3.  
Уч.-изд. л. 1,1.

Тираж 100 экз. Заказ 416. Бесплатно.  
Белорусский ордена Трудового Красного Знамени  
технологический институт имени С.М.Кирова

220630, Минск, Свердлова, 13а.  
Отпечатано на ротапринте Белорусского ордена Трудового  
Красного Знамени технологического института им.С.М.Кирова.  
220630, Минск, Свердлова, 13