

На правах рукописи

Газеев Максим Владимирович

М.Газ

ФОРМИРОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ
НА ДРЕВЕСИНЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ КРАСЯЩЕГО СОСТАВА
НА ОСНОВЕ АЛКИДНЫХ СМОЛ

05.21.05 – Дреvesиноведение, технология и оборудование деревообработки

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Екатеринбург-2004

1384-04

На правах рукописи

Газеев Максим Владимирович



ФОРМИРОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ
НА ДРЕВЕСИНЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ КРАСЯЩЕГО СОСТАВА
НА ОСНОВЕ АЛКИДНЫХ СМОЛ

05.21.05 – Дреvesиновeдeниe, тeхнoлoгия и oбoрyдoвaниe дeрeвoобpабoтки

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Екатеринбург-2004

Научная библиотека
УГЛТУ

Диссертационная работа выполнена на кафедре механической обработки древесины Уральского государственного лесотехнического университета.

Научный руководитель	- кандидат технических наук, доцент Ветошкин Ю.И.
Официальные оппоненты	- доктор технических наук, профессор Сергеев В.В. - доктор технических наук, профессор Цой Ю.И.
Ведущая организация	- ФГУП «УралНИИПдрев»

Защита диссертации состоится «28» декабря 2004 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета K 212.281.01 Уральского государственного лесотехнического университета (620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, главное здание, зал заседаний).

Автореферат разослан «24» ноября 2004 года

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук



Монтиле А.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Внедрение высокоэффективных, универсальных материалов в процесс отделки позволяет решить ряд важнейших проблем в производстве изделий из древесины: сокращение производственного цикла формирования покрытий, улучшение их защитно-декоративных свойств, улучшение качества защитно-декоративных покрытий, расширение ассортимента выпускаемой продукции и сокращение трудозатрат.

Для производства мебели и столярно-строительных изделий широко используется древесина хвойных пород, которая обладает такими особенностями, как: неоднородностью окраски, низкой светостойкостью поверхности, неравномерностью окрашивания, проявлением набухания и поднятия ворса, особенно при использовании водных красителей. Все это является сдерживающими факторами ее широкого применения. Для обеспечения требуемого качества отделки изделий из древесины необходимо рационально осуществить выбор и применение материалов и технологий с учетом особенностей строения и химического состава древесины.

Разработка универсальных материалов и технологии их нанесения на древесину хвойных пород, обеспечивающих равномерность окраски при отсутствии набухания обрабатываемой поверхности и совмещения операций крашения и грунтования, а также последующую отделку различными лаками, является актуальной задачей, позволяющей получить качественные защитно-декоративные покрытия.

Цель работы. Формирование лакокрасочных покрытий на древесине хвойных пород красящими составами на основе алкидных смол.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- проведение анализа существующих красящих материалов, их влияние на технологические процессы отделки и качество покрытий изделий из древесины;
- выявление особенностей отделки древесины хвойных пород, связанные с ее анатомическим строением и химическим составом;
- изучение влияния различных компонентов красящей системы на основные закономерности процесса формирования лакокрасочных покрытий на древесине;
- обоснование снижения шероховатости поверхности древесины при использовании красящего состава на основе алкидных смол;
- обоснование управления характеристиками цвета (светлотой, насыщенностью) окрашенной поверхности древесины хвойных пород;
- разработка рациональной рецептуры красящей композиции на основе алкидных смол для обеспечения требуемого качества отделки и эффективности технологических процессов;

- разработка технологических режимов формирования защитно-декоративных покрытий с использованием красящего состава на основе алкидных смол;
- проведение промышленных испытаний технологического процесса создания покрытия на древесине с использованием красящего состава на основе алкидных смол.

Научная новизна работы

1. Определен механизм образования лессирующего защитно-декоративного покрытия на древесине хвойных пород, где основным процессом является адсорбция красящего состава поверхностью древесных волокон и взаимодействие карбоксильных групп с гидроксильными группами целлюлозы.
2. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено препятствие поднятию ворса древесины при использовании красящего состава на основе алкидных смол на основании теории деформации и перемещений при изгибе.
3. Экспериментально подтверждено снижение анизотропных свойств хвойной древесины, обусловленное однородностью природы пленкообразователя и смолистых веществ, обеспечивающих адгезионную прочность и равномерную окраску.
4. Предложена методика расчета усадочных напряжений, возникающих в отверждаемом покрытии с учетом липкости пленки на основании теории деформации и перемещений при изгибе.
5. Обоснована возможность регулирования цвета поверхности древесины хвойных пород при грунтовании красящим составом на основе алкидных смол путем изменения насыщенности и светлоты за счет направленного изменения рецептуры красящего состава и параметров технологического режима формирования лакокрасочного покрытия.
6. Определены рациональные параметры рецептуры красящего состава на основе алкидных смол для формирования лакокрасочного покрытия на древесине хвойных пород с улучшенными эксплуатационными показателями.

Практическая значимость работы заключается в том, что ее результаты служат основой для разработки новых универсальных красящих составов в технологии формирования защитно-декоративных покрытий. Применение разработанного красящего состава на основе алкидных смол обеспечивает получение высококачественных покрытий на древесине хвойных пород, исключая операцию промежуточного шлифования, совмещая операции крашения и грунтования при его достаточно низкой себестоимости. Формирование лакокрасочных покрытий на древесине хвой-

ных пород на основе красящей композиции открывает широкий диапазон её применения с различными по физико-химическим свойствам покровными лаками, что обеспечивает ее универсальность.

Научные положения, выносимые на защиту

1. Механизм физико-химического процесса крашения поверхности изделий из древесины хвойных пород универсальным красящим составом на основе алкидных смол, обеспечивающий равномерное окрашивание с одновременным проявлением текстуры древесины и препятствующий поднятию ворса на поверхности древесины.
2. Математические модели процесса изменения шероховатости поверхности древесины после нанесения красящего состава, глубины проникновения состава в древесину, времени отверждения композиции и диффузного отражения света от поверхности окрашенной древесины.
3. Процесс выравнивания и стабилизации окраски древесины хвойных пород за счет управления компонентами рецептуры и технологическими параметрами нанесения красящего состава на основе алкидных смол.
4. Методика количественной оценки цвета окрашенных древесных подложек.
5. Технология равномерной окраски хвойной древесины универсальным красящим составом на основе алкидных смол, с последующей отделкой различными по физико-химическим свойствам лаками.

Апробация работы. Основные результаты и теоретические положения докладывались и обсуждались на семинарах и научно-практических конференциях с международным участием: “Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса” (2003 г.); “Межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов” (2002, 2003, 2004 гг.) – УГЛТУ, г. Екатеринбург; “Химия и металлургия: научно-технические разработки для промышленного производства” (2004 г.) – г. Екатеринбург.

Результаты исследований апробированы на ОАО “ВСМПО-Мебельная фабрика” (г. Верхняя Салда).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 работ.

Объем диссертации и ее структура

Диссертация состоит из введения, 7 разделов, заключения, библиографического списка, включающего 70 наименований, содержит 168 страниц основного текста, 31 рисунок, 40 таблиц и 23 страницы приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследований, научные положения, выносимые на защиту. Раскрывается научная новизна работы, значимость ее результатов для науки и практического применения. Содержатся данные о месте проведения и апробации работы, внедрения результатов в промышленность, структуре и объеме диссертации.

В первом разделе по литературным источникам приводятся общие сведения о красящих веществах, применяемых для крашения древесины, об основных требованиях, предъявляемых к красящим веществам. Рассмотрены особенности отделки древесины хвойных пород с учетом ее строения и химического состава.

Установлено, что декоративные свойства получаемых покрытий в значительной степени зависят от правильного выбора красящих веществ и технологий их применения.

На основании работ многих специалистов в области деревообработки и отделки (Б.М. Буглай, В.И. Онегин, Е.В. Жуков, Б.М. Рыбин, А.В. Мелешко, В.В. Огурцов) подтверждается, что особенности анатомического строения и химического состава древесины оказывают огромное влияние на процессы взаимодействия с лакокрасочными материалами. Наличие внутриклеточных и межклеточных ходов обуславливает различную проницаемость жидкостей в поперечном и продольном направлениях. Мелкие поры снижают впитываемость древесины, наличие смолистых веществ препятствует равномерной окраске, а большое содержание экстрактивных веществ определяет низкую светостойкость поверхности древесины хвойных пород. Неоднородность физической структуры и химического состава древесины, а также способность различных ее составляющих к взаимодействию с красящими веществами разных групп оказывает влияние на характер применяемых для ее окраски материалов.

Установлено, что в настоящее время ассортимент лакокрасочных материалов для крашения изделий из древесины включает широкую гамму импортных и отечественных, различных по природе, свойствам и назначению материалов: красители (основные, кислотные), поренбейцы, протравы и пигменты. Красители получили широкое распространение в виду их дешевизны, но они, как правило, не всегда равномерно прокрашивают древесину и вызывают набухание волокон древесины. Поренбейцы сравнительно дороги. Протравы – токсичны и используются только для древесины, содержащей дубильные вещества. Пигменты – применяются в композициях с пленкообразователем. Зарубежные красящие материалы имеют высо-

кую стоимость и для них не приводится теоретического обоснования процесса крашения древесины.

На основе теоретических представлений процессов крашения древесины и исследований, проведенных ведущими специалистами в области деревообработки и отделки древесины, установлено, что наиболее эффективными красящими составами (на сегодняшний день) являются композиции, содержащие пленкообразователь и красящее вещество.

Это может быть красящий состав, который позволял бы формировать покрытие с равномерной окраской, глубоко проникающий в древесину, не поднимающий ворс древесины, обеспечивающий совмещение операций крашения и грунтования, а также давал бы возможность использования традиционных методов нанесения лакокрасочных материалов.

Таким образом, разработка универсального красящего состава на основе алкидных смол является актуальной задачей, требующей как теоретических, так и экспериментальных исследований.

Во втором разделе рассматриваются теоретические закономерности процесса формирования лакокрасочного покрытия на древесине хвойных пород с использованием красящего состава на основе алкидных смол.

Формирование лакокрасочного покрытия на древесине красящим составом на основе алкидной смолы – сложный физико-химический процесс. Это связано с тем, что композиция имеет многокомпонентный состав, которому присущи собственные физические и химические свойства. Древесина также обладает особыми химическими и физическими свойствами и имеет своеобразное анатомическое строение, её поверхность представляет собой перерезанные полости клеток, которые образуют канавки, углубления и направленные внутрь каналы. Данное обстоятельство преобладает при любом положении плоскости среза и вызвано капиллярно-пористым строением древесины.

При взаимодействии красящего состава на основе алкидных смол с древесиной основным процессом является адсорбция данного состава поверхностью целлюлозных волокон. Пигменты, присутствующие в составе в виде тонкой суспензии, вводятся на поверхность растворителем, после испарения которого самые мелкие частицы проникают в поверхностные слои древесины, а пигменты, соизмеримые с размером пор, остаются на поверхности древесины, фиксируясь пленкообразователем. Пленкообразователь (алкидный грунт-лак), входящий в состав композиции, ведет к формированию упорядоченной внутренней структуры красящего состава, что при окрашивании неоднородной поверхности хвойной древесины снижает возможность его перераспределения по зонам древесины, отличающихся по плотности и пористости и обеспечивает равномерное окрашивание за

счет получения равномерной полимерной микропленки, включающей пигментную пасту.

Содержащиеся в пентафталеовом лаке карбоксильные группы $-COOH$ взаимодействуют с гидроксильными группами целлюлозы $-OH$ и образуются сложные эфиры которые существуют в равновесном состоянии, чем объясняется хорошая адгезия красящего состава на основе алкидных смол с древесиной.

Сорбция поверхностью древесины веществ, находящихся в жидкой фазе, является необходимым условием взаимодействия ее с красящими составами и проявления текстуры древесины. Анатомическое строение древесины, а также ее химические и физические свойства во многом определяют характер этого процесса. Поглощение поверхностными слоями древесины, наносимых на нее лакокрасочных материалов, в состав которых входят растворители, сопровождается их набуханием и может вызвать появление неровностей в виде поднявшегося ворса. Это обусловлено тем, что агент, вызывающий набухание, проникает в аморфные участки целлюлозных микрофибрилл и между микрофибриллами. Набухание обосновано полярностью жидкости, т.е. чем выше полярность жидкости, тем больше степень набухания. Набухание поверхности древесины неодинаково в различных жидкостях и зависит от относительной диэлектрической проницаемости жидкости. Уайт-спирит, входящий в состав пропитки тонирующей, является неполярным растворителем с низкой степенью диэлектрической проницаемости ϵ , что говорит о том, что данный растворитель не вступает в реакцию с древесиной (рис.1) и не вызывает набухания и поднятия ворса.

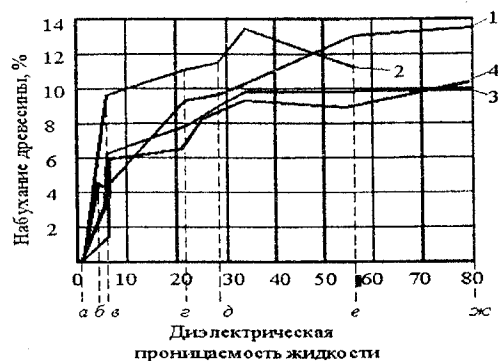


Рис.1. Влияние диэлектрической проницаемости жидкости на величину набухания древесины: а — уайт-спирит; б — толуол; в — этилацетат; г — ацетон; д — спирт этиловый; е — глицерин; ж — вода; 1 — береза; 2 — бук; 3 — дуб; 4 — сосна заболонная

Формирование покрытий на основе пленкообразователей происходит обычно за счет испарения растворителя и химических образований. В результате испарения растворителя из неподвижной твердеющей пленки медленно идет сокращение толщины лакокрасочного слоя с одновременным вытягиванием его в углубления подложки. Процесс протекает до стабилизации размеров пленки лакокрасочного покрытия. Лакокрасочный материал, нанесенный на поверхность детали, уже не может свободно изменять свой объем, вследствие чего, в покрытиях возникают внутренние напряжения.

В сохнущем покрытии образуются усадочные напряжения, вызывающие усадку пленки, которая, уменьшаясь в объеме, проседает в углубления древесины и тянет за собой ворсинки древесины, вздыбливая их. Как следствие, повышается шероховатость окрашенной поверхности древесины.

Величину усадочных напряжений находили методом, основанным на измерении отклонения от первоначального положения свободного конца консольно закрепленной упругой металлической пластины с лакокрасочным покрытием, базируясь на теорию деформации и перемещений при изгибе. Прогиб пластинки составил $f = 6,25 \cdot 10^{-6}$ м. Усадочные напряжения условно принимаем за распределенную нагрузку q , действующую на единицу длины балки с защемленным концом. Для определения перемещений в заданной балке:

$$f = \frac{ql^4}{8EJ}, \quad (1)$$

выразим из (1) распределенную нагрузку q , Н/м:

$$q = \frac{8 \cdot f \cdot E \cdot J}{l^4}, \quad (2)$$

где l — длина пластинки, $(33,5 \cdot 10^{-3}$ м);

E — модуль упругости стали $(1,96 \cdot 10^5$ МПа);

J — момент инерции, $м^4$;

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}, \quad (3)$$

где b и h размеры поперечного сечения пластинки $(6,9 \cdot 10^{-3}; 0,07 \cdot 10^{-3}$ м).

Распределенная нагрузка $q = 1,53 \cdot 10^{-3}$ Н/м действует на ворс древесины и должна вызывать его поднятие и увеличение шероховатости древесной подложки. Но поднятия ворса не происходит, следовательно, существует нагрузка, противодействующая нагрузке q , и эта нагрузка $\geq q$.

Предположим, что красящий состав на основе алкидных смол обладает липкостью P , способной удерживать ворс, препятствуя его поднятию. Липкость сочетает в себе ряд факторов, характеризующих термодинамическую работу. К ним относятся: адгезия, когезия, поверхностное натяжение,

вязкость. За критерий оценки липкости принимается величина удельной силы отрыва.

При испытании красящего состава на установке для определения липкости (рис.2) получили $P=363,1 \text{ Н/м}^2$, что соответствует $P' = 2,5 \text{ Н/м}$.

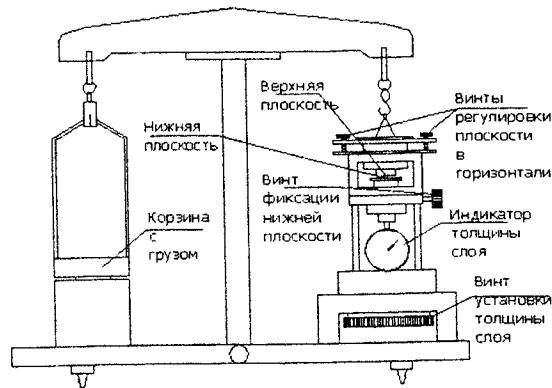


Рис.2. Схема установки для испытания на липкость

Представим условно ворсинку древесины, как балку с зашечленным концом, а напряжения, возникающие в красящем составе, как распределенную нагрузку, действующую на балку (рис.3). Зная размеры древесных волокон сосны, условно зададимся длиной балки. Примем условную длину балки $l = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Определим величину поперечных сил Q и изгибающих моментов M , возникающих в балке и построим эпюры (рис.3, рис.4).

$$\sum F_y = 0, \quad (4)$$

$$Q - P' \cdot z + q \cdot z = 0, \quad (5)$$

$$Q = P' \cdot z - q \cdot z, \quad (6)$$

$$\sum M = 0, \quad (7)$$

$$-P' \cdot z \cdot \frac{z}{2} + q \cdot z \cdot \frac{z}{2} - M = 0, \quad (8)$$

$$M = -P' \cdot \frac{z^2}{2} + q \cdot \frac{z^2}{2}, \quad (9)$$

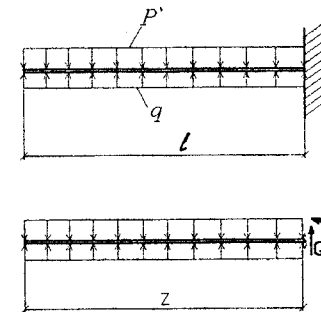


Рис.3. Ворсинка древесины как балка с зашечленным концом и действующие на неё нагрузки

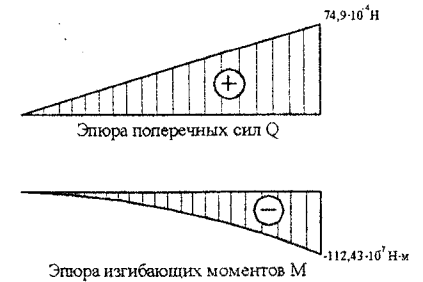


Рис.4. Эпюра поперечных сил Q и изгибающих моментов M

Результаты вычисления эпюр поперечных сил и изгибающих моментов при $P'=2,5 \text{ Н/м}$ и $q=1,53 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$, сведены в табл.1.

Таблица 1

Величины поперечных сил и изгибающих моментов		
$Z, \text{ м}$	$Q, \text{ Н}$	$M, \text{ Н} \cdot \text{м}$
0	0	0
$0,5 \cdot 10^{-3}$	$12,5 \cdot 10^{-4}$	$-3,12 \cdot 10^{-7}$
$1,0 \cdot 10^{-3}$	$24,9 \cdot 10^{-4}$	$-12,49 \cdot 10^{-7}$
$1,5 \cdot 10^{-3}$	$37,5 \cdot 10^{-4}$	$-28,11 \cdot 10^{-7}$
$2,0 \cdot 10^{-3}$	$49,9 \cdot 10^{-4}$	$-49,97 \cdot 10^{-7}$
$2,5 \cdot 10^{-3}$	$62,5 \cdot 10^{-4}$	$-78,07 \cdot 10^{-7}$
$3,0 \cdot 10^{-3}$	$74,9 \cdot 10^{-4}$	$-112,43 \cdot 10^{-7}$

Сравнение усадочных напряжений с параметрами липкости дает характеристику качества поверхности по показателям шероховатости, а нейтрализация поднятия ворса древесины достигается липкостью красящего состава $P' \geq q$.

В третьем разделе рассматриваются направления исследований, содержатся основные методические положения проведения экспериментов и обработки их результатов, приводятся характеристики используемых материалов, применяемого оборудования и приборов.

Исследование технологических и эксплуатационных характеристик лакокрасочных покрытий осуществлялось при формировании слоев на поверхности образцов из древесины сосны размерами 120×90×10 мм, относительной влажностью 8 ± 2 % и шероховатостью поверхности не более 16 мкм (по ГОСТ 7016-82).

В проведенных основных исследованиях использованы следующие лакокрасочные материалы: пентафталевый грунт-лак ПФ-053 (ТУ 6-10-612-76); пигментная паста RT (Oxide Yellow), пигментная паста TT (Black), пигментная паста VT (Oxide Red). Для оценки универсальности красящего состава на основе алкидных смол использовали: пентафталевый лак ПФ-231 (ТУ 3211-10-02955826-01); паркетный алкидно-уретановый лак (ТУ 2311-020-26294341-02); нитроцеллюлозный лак НЦ-218 (ГОСТ 4976-83); водоразбавляемый мебельный АКРА-лак (ТУ 2326-002-26294341-98); полиуретановый лак Контрацид Д 3010, 2-х компонентный (Германия, "Herberts"); полиуретановый лак OPU77G, 2-х компонентный (Италия, "Sirca"); полиуретановый грунт FPU52, 2-х компонентный (Италия, "Sirca"); водоразбавляемый акриловый лак "Ak-wasel" (Польша, "Symbol"); растворитель уайт-спирит (ГОСТ 3134-78); растворитель №646 (ГОСТ 18188-72).

Шероховатость поверхности древесины, вязкость, сухой остаток, адгезионную прочность лакокрасочных покрытий определяли в соответствии со стандартными методиками. На фотоблескомере ФБ-2 проводили контроль интенсивности окраски древесины по диффузной составляющей. Оценку цвета проводили экспертным методом при сравнении образцов с эталоном (за эталон цветов принят каталог цветов фирмы "Tikkurila").

С целью установления диапазонов варьирования переменных факторов проводился классический эксперимент. Для проведения многофакторных опытов использовался план Бокса В₄. Полученные опытные данные оценивались посредством первичной обработки результатов экспериментов методами математической статистики. Проверка однородности дисперсий опыта проводилась по критерию Кохрена, значимость коэффициентов регрессии проверяли посредством критерия Стьюдента, адекватность представления поверхности отклика уравнением регрессии по критерию Фишера.

В четвертом разделе приведены результаты исследований процесса формирования покрытия на древесине хвойных пород с использованием красящего состава на основе алкидных смол. Определены факторы, оказывающие существенное влияние на качество покрытия. Выявлено влияние основных компонентов красящей композиции на свойства самого материала и процесса его взаимодействия с древесиной.

В состав красящего состава входят пентафталевый грунт-лак ПФ-053 и пигментная паста. В результате поисковых исследований установлено: ориентировочное количество пентафталевого грунт-лака (20-40 %) и пигментной пасты (3,42-10,26 %), расход состава (60-100 г/м²), температура сушки (20-30 °С). При таком соотношении компонентов наблюдается равномерность окрашивания поверхности изделий с проявлением текстурного рисунка хвойной древесины, минимальной шероховатостью поверхности и минимальным временем сушки покрытия.

Исследовано влияние концентрации пентафталевого грунт-лака, пигментной пасты, расхода композиции и температуры сушки покрытия на: изменение шероховатости поверхности древесины; глубину проникновения красящего состава в древесину; время сушки покрытия; диффузное отражение цвета.

Увеличение содержания грунт-лака в красящем составе с 20 до 40 % приводит к уменьшению шероховатости поверхности древесины на 1,6 мкм. Увеличение расхода красящего состава от 60 до 100 г/м² приводит к снижению шероховатости поверхности древесины на 0,75 мкм. Увеличение вводимого в красящий состав грунт-лака с 20 до 40 % увеличивает диффузное отражение цвета на 9,15 %, снижая цветовую насыщенность. Увеличение пигментной пасты от 3,42 до 10,26 % приводит к снижению диффузного отражения цвета на 4,97 %, увеличивая цветовую насыщенность. Увеличение расхода красящего состава на основе алкидных смол снижает диффузное отражение цвета на 2,02 % (рис.5, рис.6).

По результатам статистическо-критериальной обработки экспериментальных данных были получены уравнения регрессии второго порядка, адекватно описывающие процесс, происходящий в лакокрасочном покрытии.

$$y_1 = 11.56 - 0.72x_1 + 0.016x_2 - 0.34x_3 - 0.35x_4 - 1.291x_1^2 - 0.598x_2^2 + 0.096x_3^2 - 0.533x_4^2 + 0.043x_1x_2 - 0.21x_1x_3 - 0.08x_1x_4 - 0.350x_2x_3 + 0.392x_2x_4 + 0.03x_3x_4, \quad (10)$$

$$y_2 = 3.89 - 0.424x_1 + 0.005x_2 + 0.328x_3 - 0.098x_4 + 0.399x_1^2 - 0.472x_2^2 + 1.048x_3^2 + 0.110x_4^2 + 0.057x_1x_2 - 0.056x_1x_3 + 0.018x_1x_4 - 0.230x_2x_3 + 0.081x_2x_4 - 0.306x_3x_4, \quad (11)$$

$$y_3 = 1.8 + 2.601x_1 - 0.0306x_2 + 0.418x_3 - 1.921x_4 + 0.509x_1^2 + 0.223x_2^2 + 0.820x_3^2 + 0.684x_4^2 - 0.274x_1x_2 - 0.099x_1x_3 - 1.923x_1x_4 + 0.062x_2x_3 + 0.070x_2x_4 + 0.008x_3x_4, \quad (12)$$

$$y_4 = 8.24 + 4.578x_1 - 2.483x_2 - 0.239x_3 + 2.068x_4 + 4.266x_1^2 + 0.096x_2^2 + 0.256x_3^2 + 0.476x_4^2 - 0.849x_1x_2 + 0.686x_1x_3 + 0.736x_1x_4 + 1.913x_2x_3 - 1.601x_2x_4 + 1.248x_3x_4. \quad (13)$$

14

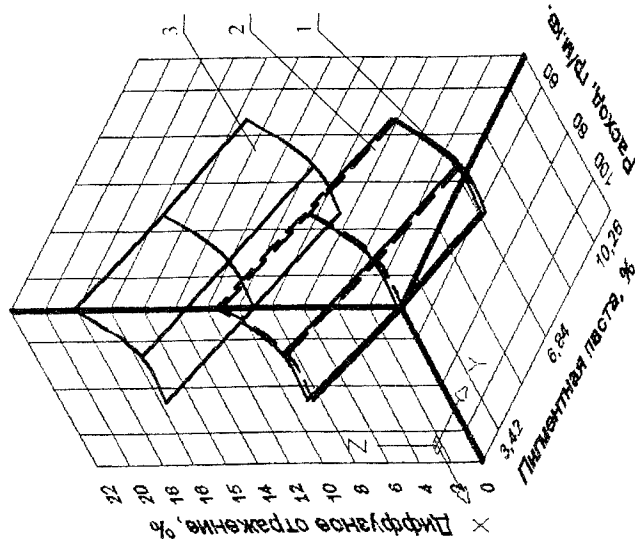


Рис.6. Зависимость диффузного отражения света от количества пигментной пасты в красящем составе и его расхода, где 1, 2, 3 количество пентафталевого грунт-лака соответственно 20, 30, 40 %

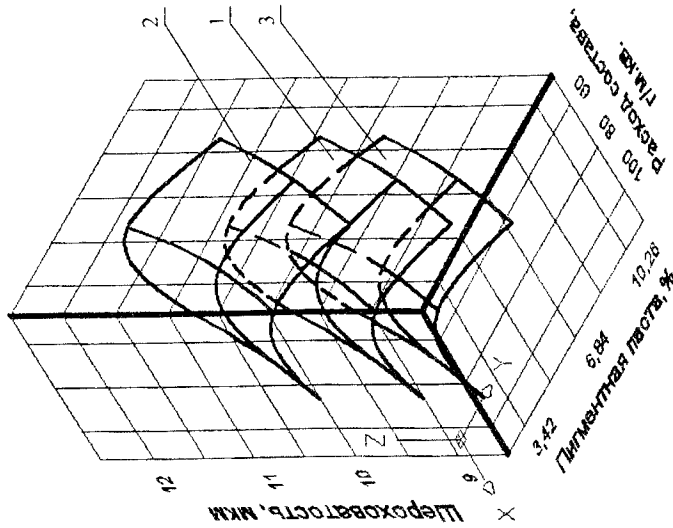


Рис.5. Зависимости шероховатости поверхности древесины от количества пигментной пасты в красящем составе и его расхода, где 1, 2, 3 количество пентафталевого грунт-лака соответственно 20, 30, 40 %

15

Формулы (10, 11, 12, 13) справедливы для условий:

$$x_1=20\div40\%; x_2=3,42\div10,26\%; x_3=60\div100\text{ г/м}^2; x_4=20\div40\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

где y_1 - шероховатость поверхности древесины после нанесения красящего состава на основе алкидных смол, мкм;

y_2 - глубина проникновения красящего состава на основе алкидных смол в древесину, мкм;

y_3 - время сушки покрытия, образованного красящим составом на основе алкидных смол, ч;

y_4 - величина диффузного отражения цвета от окрашенной поверхности древесины, %;

x_1 - количество пентафталевого грунт-лака, вводимого в красящий состав на основе алкидных смол, %;

x_2 - количество пигментной пасты, вводимой в красящий состав на основе алкидных смол, %;

x_3 - расход красящего состава на основе алкидных смол, г/м²;

x_4 - температура сушки покрытия, ⁰С.

Полученные математические модели использовались для определения рациональных значений параметров красящего состава на основе алкидных смол с помощью диссоциативно-шагового способа исследования и метода условного центра масс.

В результате реализации получены следующие рациональные значения параметров создания красящего состава на основе алкидных смол и покрытия на его основе:

- количество пентафталевого грунт-лака, % - 25;
- количество пигментной пасты, % - 8,5;
- расход красящего состава на основе алкидных смол, г/м² - 73,3;
- температура сушки покрытия, ⁰С - 35.

Полученные значения параметров управления позволяют получить защитно-декоративное покрытие на древесине хвойных пород, обладающее следующими качественными характеристиками:

- шероховатость поверхности древесины после нанесения красящего состава, мкм - 11;
- глубина проникновения красящего состава в древесину, мкм - 4;
- время сушки покрытия, мин - 21;
- величина диффузного отражения цвета, % - 6.

В пятом разделе исследованы теоретические закономерности формирования цвета лакокрасочных покрытий, образованных красящим составом на основе алкидных смол. Установлено, что цвету присущ двойственный характер. Его можно измерить как физическую величину с помощью приборов и математически описать его свойства. Но в то же время каждый человек видит один и тот же предмет, окрашенным по-разному, значит цвет

– это также субъективное, психофизиологическое ощущение, которое у различных людей воплощается в различные эмоциональные состояния.

При исследовании закономерностей формирования цвета лакокрасочного покрытия, образованного красящим составом на основе алкидных смол, проведён социологический эксперимент по выявлению влияния переменных факторов (концентрации пентафталевого грунт-лака, пигментной пасты, расхода композиции и температуры сушки покрытия) на цвет получаемого покрытия. По результатам проведенного социологического эксперимента составлена анкета, на основании которой построена гистограмма ранжирования цвета в порядке значимости. В результате анализа полученных данных анкеты и гистограммы установлено, что основное влияние на цвет получаемого покрытия оказывает содержание пигментной пасты и расход красящего состава. Увеличение содержания пигментной пасты в красящем составе на основе алкидных смол до 10,26 % и расхода состава до 100 % обеспечивает максимальную насыщенность цветового тона поверхностей окрашенных образцов из древесины сосны.

Установлена важность регулирования цвета по количеству и качеству для обеспечения эмоционального и эстетического равновесия. Предложено теоретическое обоснование управления цветом окрашенной поверхности древесины хвойных пород при крашении тонирующим составом на основе алкидных смол путем изменения насыщенности и светлоты за счет направленного изменения рецептуры красящего состава и параметров технологического режима формирования лакокрасочного покрытия. Исследуемый цвет – красное дерево, имеет множество цветовых оттенков, которым присуща различная насыщенность и светлота, а цветовой тон λ остается неизменным. Расположение спектра цвета – красное дерево на трехмерном графике цветности международного комитета по освещению показано на рис.7.

Цвету - красное дерево, соответствуют координаты $X_{к.д.} = 0,455$; $Y_{к.д.} = 0,355$. Условно представим, что цвет красного дерева изменяется по прямой, проходящей через две точки, с координатами $x_1 = 0,335$; $y_1 = 0,335$; $x_2 = 0,625$; $y_2 = 0,377$. Длина волны цвета остается неизменной, а изменяются чистота цвета и светлота согласно:

$$-0.083 - 0.042x + 0.29y = 0. \quad (14)$$

Величину диффузного отражения света y_4 (%) можно представить как светлоту в пересчете на условный коэффициент S . Увязывая рецептуру красящего состава на основе алкидных смол и технологические параметры его нанесения (уравнение 13) с координатами цвета красного дерева (графика международного комитета по освещению 1931 г.), находящимися на одной линии (уравнения 14), получили возможность регулировать цвет поверхности древесины хвойных пород при крашении красящим составом на основе алкидных смол, изменяя насыщенность и светлоту за счет направ-

ленного изменения рецептуры красящего состава и параметров технологического режима формирования лакокрасочного покрытия.

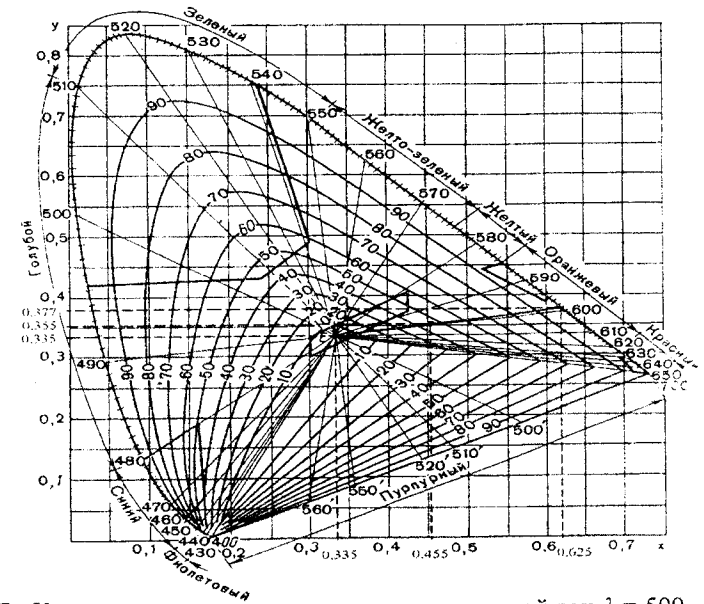


Рис.7. Координаты цвета красного дерева: цветовой тон $\lambda = 599$ нм, чистота цвета $P = 46$ %, светлота $\rho = 19$ %; на графике международного комитета по освещению 1931 г.

В шестом разделе приводятся исследования качества покрытий, формируемых на древесине хвойных пород красящим составом на основе алкидных смол с последующей отделкой различными лаками. Разработаны режимы формирования защитно-декоративных покрытий с применением красящего состава на основе алкидных смол. В качестве покровных лаков использовали: полиуретановый, нитроцеллюлозный, алкидноуретановый, пентафталевый и акриловый.

Проведены испытания защитно-декоративных покрытий на древесине хвойных пород с применением красящего состава на основе алкидных смол ускоренным методом в климатической камере "Feutron".

В результате осмотра образцов лакокрасочных покрытий, испытанных ускоренным методом, имитирующим переменный климат и солнечную радиацию, установлено, что покрытия с применением красящего состава на основе алкидных смол прекрасно держатся на древесной подложке.

ке, сохраняя целостность покрытия. Цвет покрытия, заданный красящим составом на основе алкидных смол, не изменяется, не наблюдается растрескивание и отслаивание покрытия. Для большинства покрытий в результате испытаний изменение блеска составило менее 20 %. Полученные лакокрасочные покрытия имеют хорошую стойкость к перепадам температур и солнечной радиации, обладают хорошей адгезией к древесной подложке, что удовлетворяет эксплуатационным показателям.

В седьмом разделе приводится расчет технико-экономической эффективности внедрения красящего состава на основе алкидных смол в промышленное производство. Установлено, что средняя себестоимость изготовления 1 м² защитно-декоративного покрытия за период реализации проекта (5 лет) составляет 70,25 руб.; расчетная цена при рентабельности производства 23,9 % - 87 руб.

Чистая прибыль от реализации защитно-декоративного покрытия с применением красящего состава на основе алкидных смол при объеме производства в год освоения проекта 10000 м² с последующим увеличением до 20000 м² в год составит 1445,7 тыс. руб. Срок окупаемости инвестиционного проекта 2,5 года (в ценах на 01.04.04 г.).

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для обеспечения требуемого качества отделки изделий из древесины хвойных пород необходимо рационально осуществлять выбор материалов и технологий их применения с учетом особенностей строения и химического состава древесины, что позволит расширить области ее применения.
2. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что применение разработанного красящего состава на основе алкидных смол обеспечивает равномерное окрашивание поверхности хвойной древесины с сохранением ее текстурного рисунка, при этом снижается влияние анизотропных свойств древесины хвойных пород за счет однородности природы пленкообразователя и смолистых веществ древесины.
3. Хорошие адгезионные свойства покрытия на основе разработанного красящего состава к древесине обусловлены химическим взаимодействием карбоксильных групп -COOH, содержащихся в пентафталеовом грунт-лаке с гидроксильными группами целлюлозы -OH, в результате чего образуются сложные эфиры.
4. Теоретически доказано и экспериментально подтверждено, что красящий состав на основе алкидных смол не вызывает набухания поверхности древесины в силу физико-химических свойств, содержащегося в нем

растворителя (уайт-спирита), который является не полярным и не вступает в реакцию с целлюлозными волокнами древесины.

5. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено препятствие поднятию ворса древесины при использовании красящего состава на основе алкидных смол на основании теории деформации и перемещений при изгибе.
6. Предложена методика расчета усадочных напряжений, возникающих в отверждаемом покрытии, с учетом липкости пленки на основании теории деформации и перемещений при изгибе.
7. Определены рациональные значения параметров рецептуры красящего состава на основе алкидных смол и режима нанесения: количество пентафталеового грунт-лака ПФ-053 - 25 %; количество пигментной пасты - 8,5 %; расход состава - 73,3 г/м²; температура сушки покрытия - 35 °C. При соблюдении данных параметров обеспечивается достаточная глубина проникновения красящего состава в древесину, время сушки покрытия, образованного данным составом 21 мин; величина диффузного отражения света 6 %.
8. Теоретически обоснована возможность регулирования цвета поверхности древесины хвойных пород при крашении красящим составом на основе алкидных смол путем изменения насыщенности и светлоты за счет направленного изменения рецептуры красящего состава и параметров технологического режима формирования лакокрасочного покрытия.
9. Экспериментально доказано, что разработанный красящий состав на основе алкидных смол является универсальным и подходит под различные лаки: пентафталеовый, алкидно-уретановый, полиуретановый, воднодисперсионный, нитроцеллюлозный, а лакокрасочные покрытия на его основе обладают высокими эксплуатационными показателями.
10. Применение тонирующего состава на основе алкидных смол обеспечивает равномерность окрашивания поверхности изделий из древесины хвойных пород, позволяет совместить процесс крашения и грунтования, при этом не требуется операция промежуточного шлифования после нанесения данного состава.
11. Экономическая эффективность применения разработанного красящего состава на основе алкидных смол заключается в повышении качества отделки изделий из древесины хвойных пород и снижении себестоимости отделки 1 м².

Материалы по теме диссертации изложены в следующих работах:

1. Газеев М.В., Ветошкин Ю.И., Кузьминых И.В. Проблемы в крашении древесины // Сб. "Научные труды". - Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. Вып. 2. С. 53–57.
2. Газеев М.В. Эффективность формирования защитно-декоративного покрытия на древесине с применением пропитывающего тонирующего состава на основе алкидных смол // "Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса": Сб. матер. междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. – С. 116-117.
3. Газеев М.В. Цвет как показатель эстетических свойств лакокрасочных покрытий // Материалы науч.-техн. конфер. студентов и аспирантов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. – С. 44-45.
4. Газеев М.В., Балакина Т.Д. Цветные покрытия на древесине отечественными лакокрасочными материалами // Официальный каталог межрегиональной специализированной выставки-конференции. "Химия и металлургия: научно-технические разработки для промышленного производства". – Екатеринбург, 2004. – С. 85-86.
5. Ветошкин Ю.И., Газеев М.В. Оценка цвета лакокрасочных покрытий на древесине и древесных материалах // Дизайн и производство мебели. – С.-Пб., 2004. №2/3. С. 25-27.
6. 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. сборн. науч. трудов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. С. 79 – 85.
7. Ветошкин Ю.И., Газеев М.В. Оценка лакокрасочных покрытий на древесине // Лесной комплекс. – Екатеринбург: ООО УИЦ "ИнформВЭС", 2004. С. 43-45.

Подп. в печать 19.11.04., объем 1,0 п.л., заказ 608. Тираж 120 экз.

620032 г. Екатеринбург, Сибирский тр., 37.

Уральский государственный лесотехнический университет.

Отдел оперативной полиграфии