

674  
П84

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 674.4.059.5:658.62.018 (043.3)

**Прохорчик Сергей Александрович**

**ФОРМИРОВАНИЕ УЛУЧШЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ  
СТОЛЯРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ  
ВОДНОДИСПЕРСИОННЫМИ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ  
МАТЕРИАЛАМИ**

05.21.05 – Древесиноведение, технология и оборудование  
деревообработки

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

Минск 2005

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» на кафедре технологии деревообрабатывающих производств

Научный руководитель

кандидат технических наук,  
доцент  
**Янушкевич А. А.**  
(БГТУ, кафедра технологии деревообрабатывающих производств)

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,  
профессор  
**Врублевская В. И.**  
(БелГУТ, кафедра деталей машин и подъемно-транспортных устройств);

кандидат технических наук  
**Ловкис И.В.**  
(заведующий технологическим отделом проектно-конструкторского и технологического бюро мебели ОАО «Минскпроектмебель»)

Оппонирующая организация

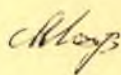
ЗАО «Пинскдрев»

Защита состоится «27» декабря 2005 г. в 16.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.06 в Белорусском государственном технологическом университете по адресу: 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, тел.: 227-83-41.

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

Автореферат разослан «26» ноября 2005 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций  
кандидат технических наук, доцент



С. П. Мохов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы: В соответствии со стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на прогнозируемый период до 2010 г. предполагается обеспечить ввод жилья в объеме 2,8–3,3 млн. м<sup>2</sup> общей площади ежегодно и в дальнейшем эти показатели увеличивать. Это непосредственно будет связано с ростом физических объемов производства столярно-строительных изделий, и потребность в оконных блоках будет составлять около 600 тыс. м<sup>2</sup> ежегодно.

На современном этапе выпуск экологически чистой продукции занимает приоритетные позиции во всех сферах производства. Основным направлением осуществления этой задачи является использование экологически безопасных материалов и применение природосберегающих технологий.

Из поступающей на мировой рынок лакокрасочной продукции в последние двадцать лет по-прежнему доминируют органоразбавляемые (48%). В общем ассортименте лакокрасочных материалов (ЛКМ), предназначенных для различных областей применения, материалы для отделки древесины составляют около 8%. Одним из перспективных решений проблемы по снижению загрязнения окружающей среды является применение воднодисперсионных (ВД) лакокрасочных материалов для создания защитно-декоративных покрытий (ЗДП) столярно-строительных изделий из древесины сосны. Использование воднодисперсионных лакокрасочных материалов обуславливает: снижение пожароопасности производства и улучшение санитарно-гигиенических условий труда. Помимо этого, покрытия на основе данных материалов обладают большей долговечностью по сравнению с покрытиями на основе органоразбавляемых материалов. Применение древесины сосны, как основного конструкционного материала, связано с тем, что сосна является наиболее распространенной породой древесины не только в Республике Беларусь (более 50%), но и в мире. Она относится к группе стойких к биологическим воздействиям, достаточно хорошо обрабатывается режущим инструментом. Однако при отделке изделий из сосны воднодисперсионными лакокрасочными материалами происходит ухудшение качества сформированных покрытий в виде образования неровностей по годичным слоям. Это объясняется особенностями взаимодействия воднодисперсионных лакокрасочных материалов с дифференцированными по своим физическим свойствам ранними и поздними зонами годичных слоев.

Кроме того, постоянно возрастают требования потребителей к внешнему виду столярно-строительных изделий, которые в наибольшей степени определяются качеством сформированного защитно-декоративного покрытия. Поэтому актуальной является задача по обеспечению качества отделки воднодисперсионными лакокрасочными материалами столярно-строительных изделий с учетом особенностей подложек из древесины сосны.

Это предопределило необходимость изучения физических процессов, происходящих при взаимодействии воднодисперсионных лакокрасочных ма-

744ар.

териалов с древесиной сосны для раскрытия причин образования неровностей покрытий по годичным слоям и разработки научно обоснованных рекомендаций по формированию улучшенных поверхностей защитно-декоративных покрытий столярно-строительных изделий.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Исследования диссертационной работы являются частью комплексных исследований, выполненных в Белорусском государственном технологическом университете в рамках программы «Наука-2001» Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований научно-исследовательской темы ГБ 20-02 «Архитектурный дизайн и интерьер Беларуси».

Цель работы и задачи исследований. Целью диссертационной работы является установление особенностей и закономерностей взаимодействия древесины сосны с воднодисперсионными лакокрасочными материалами при формировании покрытий и разработка способа, обеспечивающего улучшение поверхности столярно-строительных изделий.

Достижение поставленной цели потребовало решение следующих задач:

- исследовать взаимодействие воднодисперсионных лакокрасочных материалов с древесиной сосны;
- установить основные закономерности образования неровностей по годичным слоям защитно-декоративных покрытий изделий из древесины сосны на основе воднодисперсионных лакокрасочных материалов;
- разработать способ повышения качества формируемых покрытий столярно-строительных изделий из сосны воднодисперсионными лакокрасочными материалами;
- провести опытно-промышленные апробацию разработанного способа улучшения поверхности покрытий столярно-строительных изделий из древесины сосны.

Объект и предмет исследования. Объектом исследований диссертационной работы является взаимодействие воднодисперсионных лакокрасочных материалов с древесиной сосны в технологическом процессе отделки столярно-строительных изделий на основе данных материалов. Предмет исследований – направленное изменение свойств поверхности изделий из древесины сосны при подготовке к отделке, обеспечивающее уменьшение неровностей покрытий по годичным слоям на основе воднодисперсионных лакокрасочных материалов.

Методология и методы проведенного исследования. Решение поставленных в работе задач осуществлялось с помощью следующих методов: ретровой электронной (с использованием микроанализа) и оптической микроскопии – для изучения взаимодействия воднодисперсионных лакокрасочных материалов с древесиной сосны; профилографа-профилометра для определения топографии поверхности; резистографа для изучения распределения плотности древесины; изготовления образцов в производственных условиях. Для описания процесса предварительного увлажнения использован метод

математического планирования эксперимента (В-план). Использовались стандартные методы определения физико-химических показателей лакокрасочных материалов, качества древесины. Влажность древесины анализировали сушильно-весовым способом, кондуктометрическим и диэлькометрическим влагомерами. Обработку данных и оценку погрешностей измерений производили в соответствии со стандартными методами прикладной статистики.

Научная новизна и значимость полученных результатов:

– установлены причины образования неровностей по годичным слоям при постадийном формировании покрытий воднодисперсионными лакокрасочными материалами на подложках из древесины сосны;

– определен характер проникновения воднодисперсионных лакокрасочных материалов в древесину;

– показано влияние зон годичных слоев древесины сосны на образование неровностей защитно-декоративных покрытий и произведена оценка величины этих неровностей;

– обоснована эффективность использования предварительного увлажнения при отделке подложек из древесины сосны для улучшения качества формируемых покрытий на основе воднодисперсионных лакокрасочных материалов.

Научная значимость заключается в использовании установленных закономерностей взаимодействия древесины сосны с воднодисперсионными лакокрасочными материалами при формировании покрытий.

Практическая значимость полученных результатов. Разработан способ повышения качества покрытий столярно-строительных изделий из древесины сосны воднодисперсионными лакокрасочными материалами за счет уменьшения неровностей покрытий по годичным слоям. Апробирован технологический процесс формирования покрытий, включающий двукратное предварительное увлажнение поверхности столярно-строительных изделий, который внедрен на деревообрабатывающем заводе ОАО «Забудова» и рекомендован для практического применения предприятиям, специализирующимся на выпуске данного вида продукции. Прогнозируемый годовой экономический эффект составляет при этом около 30 млн. бел. руб. за счет увеличения объема выпускаемой продукции повышенного качества.

Результаты исследований используются в учебном процессе кафедры технологии деревообрабатывающих производств.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

– результаты исследований постадийного процесса формирования лакокрасочных покрытий на сосновых подложках воднодисперсионными материалами;

– установленные закономерности изменения показателей неровностей защитно-декоративных покрытий в зависимости от способа предварительной подготовки поверхности древесины сосны;

– способ улучшения поверхности покрытий столярно-строительных изделий воднодисперсионными лакокрасочными материалами за счет снижения неровностей по годичным слоям;

– результаты опытно-промышленной апробации разработанного способа и технологический процесс формирования покрытий, включающий двукратное предварительное увлажнение поверхности столярно-строительных изделий.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты исследований диссертационной работы обсуждены на научно-технических конференциях по итогам научно-исследовательских работ в Белорусском государственном технологическом университете в 2002–2005 гг., на 4-й международной научно-практической конференции «Вузовская наука, промышленность, международное сотрудничество» (Минск, 2002 г.), на международных научно-технических конференциях «Леса Беларуси и их рациональное использование» (Минск, 2000 г.) и «Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка» (Санкт-Петербург, 2004 г.)

Личный вклад соискателя. Соискатель принимал непосредственное участие в формулировании целей и задач исследований; разработал и освоил оригинальные методики проведения исследований, подготовки образцов и их изучения при помощи растровой и электронной микроскопии, профилографа-профилометра, резистографа и других приборов; осуществлял планирование эксперимента, его реализацию и обработку данных. При деятельном участии автора производилась промышленная апробация и внедрение усовершенствованной технологии отделки столярно-строительных изделий из древесины воднодисперсионными лакокрасочными материалами.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, из них 5 статей в научных журналах (19 с.), 3 статьи в сборниках (11 с.), 2 материалов конференций (6 с.), 1 тезис докладов на научной конференции (2 с.), а также имеется 1 акт внедрения. Подана 1 заявка на получения патента РБ. (№ а 20050961 от 06.10.2005 г.)

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики, 5 глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа содержит 154 листа машинописного текста, 22 таблицы, 55 рисунка, 56 литературных источников и 8 приложений.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В первой главе дан обзор литературы, в котором рассмотрены современные тенденции использования различных видов ЛКМ в производстве столярно-строительных изделий. Установлено, что наиболее широкое применение находят экологически безопасные ВД ЛКМ. Проанализированы современные взгляды на эффективность использования новых модификаций при

нанесении ЛКМ методом распыления («большой объем – низкое давление», аэрокомби). Рассмотрена подложка из древесины сосны с учетом специфики ее строения. Показаны особенности отделки изделий из древесины сосны ВД ЛКМ, заключающиеся в образовании неровностей защитно-декоративных покрытий по годичным слоям и ухудшающих внешний вид изделия и, соответственно, качество (рис.1).



Рис. 1. Торцовый срез образца из древесины сосны с лакокрасочным покрытием

Впадины неровностей образуются над поздними слоями годичных слоев древесины сосны (темные участки), а вершины неровностей – над ранними (светлые участки). Такое ухудшение качества лакокрасочных покрытий на основе ВД ЛКМ отмечались ранее, например А.В. Мелешко.

Анализ научно-технической литературы показал, что конкретные рекомендации по снижению проявления данного дефекта ЗДП подложек из древесины сосны на основе ВД ЛКМ отсутствуют. В то же время для отделки древесины водорастворимой композиции Б.М. Рыбин использовал предварительный нагрев древесных подложек перед нанесением водорастворимого материала. Использование данной операции, по мнению автора, позволяет снизить проникновение воды в древесину и, соответственно, уменьшить изменение шероховатости поверхности.

На основании анализа научно-технических работ сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе освещены свойства применяемых материалов, содержатся основные методические положения проведения экспериментов и обработки полученных результатов.

В качестве подложек использовались образцы из древесины сосны радиальной распиловки. Отделочные материалы были представлены продуктами фирмы GORI ВД грунтовкой 410 и краской 890. Для изучения явлений, связанных с формированием ВД лакокрасочных покрытий на подложках из древесины сосны использовали оптические микроскопы МБС-10 и «Leica DM LB», оснащенные видеомодулем. Морфологию поверхности древесины, лакокрасочных покрытий и их микроанализ производили при помощи электронного растрового микроскопа «JEOL JSM-1560». Состояние поверхности древесных образцов на этапах формирования ЗДП оценивали с помощью

прибора профилографа-профилометра завода «Калибр» модели №252, дополнительно оснащенного специальным приспособлением для определения волнистости. Для качественной оценки подложек из древесины сосны применяли как стандартные методики, так и метод оценки структуры годичных слоев с использованием прибора резистографа IML-RESI B400, принцип работы которого основан на измерении сопротивления сверления. Использовались стандартные методы определения физико-химических показателей лакокрасочных материалов, а для определения влажности древесины, помимо стандартных методов, использовался электромагнитный влагомер.

Третья глава диссертационной работы посвящена исследованиям взаимодействия ВД ЛКМ с древесиной сосны.

Традиционный процесс создания ЗДП столярно-строительных изделий из древесины сосны состоит из этапов: нанесение ВД грунтовки, сушка, промежуточное шлифование, нанесение ВД краски и ее сушка. Процесс формирования лакокрасочных покрытий на основе ВД ЛКМ исследовался поэтапно на подложках из древесины сосны.

Установлено, что основной путь проникновения компонентов ВД ЛКМ лежит через вскрытые полости трахеид, которые образуются в результате взаимодействия древесины с режущим инструментом. Причем большинство таких отверстий обнаружено над ранними зонами годичных слоев. Хаотическое расположение этих отверстий на поверхности объясняет различное размещение ЛКМ в структуре древесины. Показана возможность проникновения ВД ЛКМ из сердцевинных лучей в полости трахеид (рис. 2).

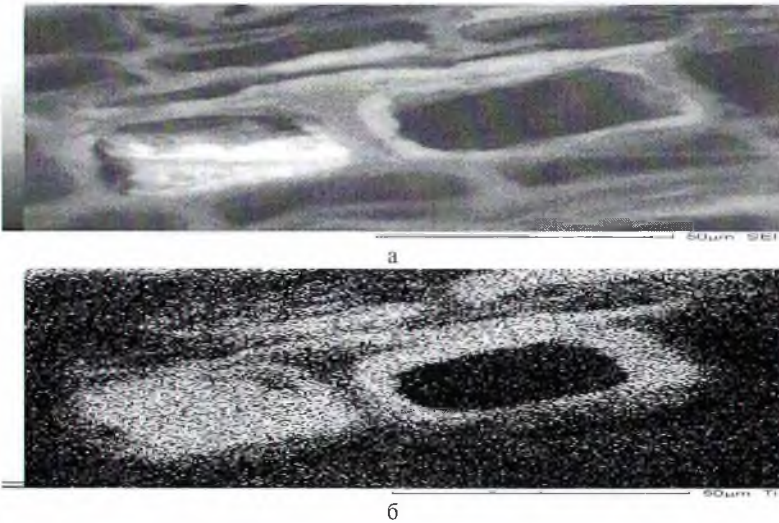


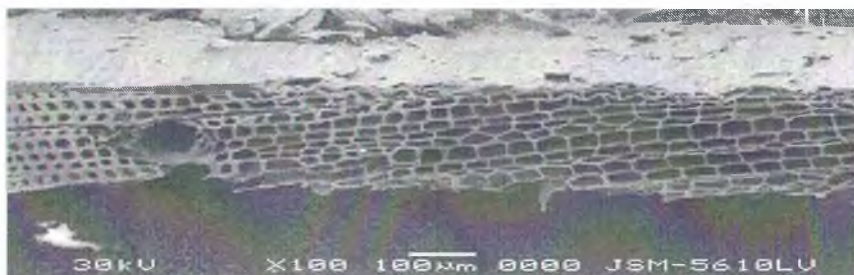
Рис. 2. Расположение ЛКМ в древесине сосны: а – торцовый срез древесины; б – микроанализ торцового среза древесины на Ti



В результате проведенных исследований установлено, что причиной образования неровностей лакокрасочных покрытий по годичным слоям является поднятие ранних зон годичных слоев древесины сосны при контакте деформированных клеток, имеющихся в этих зонах, с водой, входящей в состав ВД ЛКМ (см. рис. 3).



а



б

Рис. 3. Образцы древесины после первой стадии обработки: а – шлифованная древесина  $\times 200$  (оптическая микроскопия), б – шлифованная древесина (электронная микроскопия).

Так как ранние трахеиды обладают меньшей плотностью и твердостью, а исследованиями К.В. Панферова установлено различие модулей упругости в 2,6 раза ранней древесины (7,22 ГПа) и поздней (18,6 ГПа), ранняя древесина будет восстанавливаться меньше по отношению к поздней при отсутствии деформации поздних трахейд. При подготовке поверхности изделий из древесины сосны к отделке путем шлифования абразивный материал будет контактировать в основном с поздней древесиной, тогда как удаление ранних деформированных клеток будет происходить незначительно. В свою очередь, шероховатость поверхности по всем параметрам будет удовлетворять требованиям СТБ 939-93 «Окна и балконные двери для зданий и сооружений. Общие технические условия», то есть будет обеспечена соответствующая гладкость поверхности. Но при этом особую остроту приобретает вопрос о присутствии деформированных клеток и величине деформации в

ранних зонах годовичных слоев, о наличии которых можно судить лишь при использовании микроскопии.

По внешнему виду деформированные клетки, показанные на снимках (рис. 3), идентичны клеткам прессованной древесины. Изучением физико-механических показателей прессованной древесины занималась В.Е. Москлева. Из ее исследований следует, что доминирующей составляющей в восстановлении такой древесины при контакте ее с водой является распрямление прессованной древесины, ее релаксация и в значительно меньшей степени – обычное разбухание. Этому явлению дается определение «распрессовка» древесины, то есть возвращение к естественному или близкому к этому состоянию, а не разбуханию древесинного вещества. Исходя из этого, следует, что после нанесения ВД грунтовки будет происходить данное явление, то есть поднятие деформированных клеток ранней древесины из-за взаимодействия с водой, входящей в состав ВД ЛКМ.

Основное назначение операции промежуточного шлифования покрытия на основе ВД грунтовки состоит в удалении ворса, неизбежно возникающего при отделке материалами, содержащими воду. При этом, если при данной операции попытаться достичь выравнивания поверхности за счет удаления вершин неровностей, которые образованы ранними трахеидами, велика вероятность прошлифовывания грунтовочного покрытия. Это может привести к последующему снижению адгезии ВД краски к древесине и делает операцию грунтования нецелесообразной. Кроме того, даже после сошлифовывания вершин неровностей, образованных над ранними зонами годовичных слоев, остается слой смятых ранних трахеид. Завершение формирования неровностей покрытий по годовичным слоям происходит слоем ВД краски, которая также способна поднять деформированные трахеиды.

На основании проведенных исследований была сформулирована научная гипотеза о возможности улучшения качества покрытий ВД ЛКМ за счет предварительного взаимодействия с водой основных подложек перед нанесением ВД ЛКМ.

Четвертая глава посвящена проверке в лабораторных условиях гипотез о возможности повышения качества покрытий древесины сосны в результате воздействий, предшествующих нанесению ВД ЛКМ.

Основываясь на исследованиях Б.М. Рыбина, который при формировании ЗДП на основе водорастворимых композиций использовал предварительный нагрев древесных подложек инфракрасным излучением, была проверена возможность использования данного метода в отношении ВД ЛКМ.

Проведенными нами исследованиями было установлено, что природа образования неровностей покрытий по годовичным слоям в основном определяется наличием смятых трахеид ранних зон годовичных слоев древесины. Деформированные трахеиды древесины сосны при контакте с ВД ЛКМ стремятся восстановиться в первоначальное положение, что приводит к поднятию ранних зон годовичных слоев, при этом ухудшается качество ЗДП. При анализе физического характера процесса взаимодействия ВД ЛКМ с подлож-

кой из древесины сосны была высказана гипотеза о том, что для улучшения качества покрытий необходимо преднамеренно вызвать поднятие деформированных трахейд в ранних зонах годичных слоев, а затем убрать поднятые клетчатка до последующей отделки ВД материалами.

С целью проверки гипотез о влиянии предварительной подготовки поверхности на качество формирования ЗДП ВД ЛКМ на подложках из древесины сосны были проведены исследования в лабораторных условиях. Исследования проводились на образцах, которые разделялись на две серии. Первая серия включала образцы широкослойной древесины (6 слоев в 1 см и 28% поздней), а вторая серия – образцы мелкослойной древесины (12 слоев в 1 см и 35% поздней древесины). Всего было сформировано пять опытных партий. Подготовка образцов производилась в производственных условиях деревообрабатывающего завода ОАО «Забудова». Отделка первой партии образцов проводилась по технологическому процессу, применяемому на данном предприятии: нанесение ВД грунтовки, сушка грунтовки, промежуточное шлифование, нанесение ВД краски, сушка. Вторая и третья партии образцов подвергались предварительному увлажнению водой перед отделкой. Причем образцы второй партии подвергались однократному увлажнению с кратковременной выдержкой в воде (около 4 с). Образцы третьей партии подвергались двукратному увлажнению (около 2 с) с промежуточной выдержкой без контакта с водой. Сушка образцов производилась до влажности 11–12%. Промежуточное шлифование осуществлялось шлифовальной шкуркой №10. Поверхности образцов двух других партий перед нанесением ВД грунтовки подвергались предварительному нагреву до 55 °С (четвертая партия) и 65 °С (пятая партия). Нагрев осуществлялся при помощи инфракрасного излучателя. Грунтовка наносилась методом окунания, а краска – при помощи аппликатора.

После каждой стадии создания ЗДП производился контроль состояния поверхности образцов при помощи профилографа-профилометра. Необходимо отметить, что контроль осуществлялся по двум предварительно сделанным отметкам на каждом из образцов всех партий со строгим соблюдением одних и тех же трасс ощупывания и записывался в виде профилограмм. В качестве примера на рис. 4 приведены профилограммы состояния поверхности контрольного образца первой серии из первой партии.

На рисунке помимо профилограмм, характеризующих состояние поверхности, приведены профилограммы распределения плотности по ширине образцов. Профилограммы распределения плотности были получены при помощи резистографа, причем измерения распределения плотности производили под теми же трассами ощупывания. Разность в высотах профилограммы характеризует различие в плотности ранней и поздней зон годичных слоев. При этом вершины характеризуют плотность ранней древесины, а впадины – поздней древесины. При совмещении профилограмм распределения плотности по ширине образцов и профилограмм, характеризующих состояние поверхности древесины, подтверждается факт образования вершин неровно-

стей покрытий над ранними зонами, а впадин – над поздними зонами годовичных слоев.

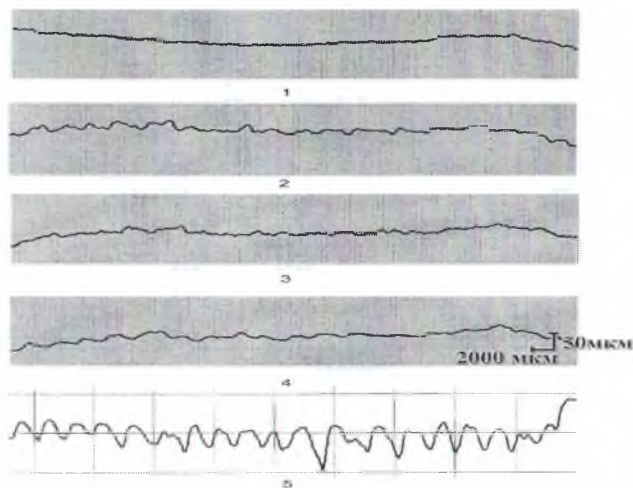


Рис. 4. Профилограммы поверхности образца первой серии из первой партии по стадиям отделки: 1 – шлифованная древесина; 2 – после грунтования; 3 – после шлифования грунтовки; 4 – после покраски; 5 – профилограмма распределения плотности образца

По полученным профилограммам определялись параметры: высота волнистости  $W_z$  (среднее арифметическое из пяти значений, мкм), наибольшая высота волнистости  $W_{\max}$  (мкм), средний шаг волнистости  $S_w$  (мм). Критерием оценки качества сформированных ЗДП был выбран параметр  $V_d$  (отношение шага неровностей к высоте неровностей, выраженных в мкм), условно названный коэффициентом неровностей. Результаты оценки поэтапного состояния поверхности и математическая обработка представлены в табл. 1.

Анализ данных позволяет отметить, что наиболее высокие показатели качества защитно-декоративных покрытий, характеризующиеся коэффициентом неровностей, соответствуют второй и третьей партиям образцов: 214 и 242 единицы для первой серии, 222 и 224 для второй серии. Улучшение качества таких покрытий образцов по сравнению с обычной отделкой (первая партия) происходит на 75 и 103 единицы (соответственно второй и третьей партий первой серии образцов) и на 77 и 79 единиц для второй серии образцов. Причем разность между значениями является значимой.

При отделке с предварительным нагревом с ростом температуры не отмечается строгой закономерности к улучшению качества покрытий. В этом случае является положительным то, что сокращается продолжительность сушки грунтовки, так как древесина аккумулирует тепло. За счет этого отмечался и меньший расход ВД грунтовки при погружении в нее нагретых древесных образцов. По всей видимости, даже при меньшем расходе грунтовки дисперсионного типа на водной основе, из-за низкого содержания пленкообразующих веществ – 17–20%, происходит ее более глубокое проникновение в

древесину и, соответственно, восстановление большей части деформированных клеток. В своих же исследованиях Б.М. Рыбин использовал водорастворимую композицию с большим содержанием нелетучих веществ (70%). Кроме того, увеличение температуры нагрева древесной подложки приводит к появлению на поверхности смолы, что требует дополнительной операции обессмоливания.

Таблица 1

Коэффициент неровностей поверхности образцов по стадиям отделки					
Операции	№ партии образцов				
	1	2	3	4	5
Шлифованная древесина	225±37,8	222±28,7	212±21,4	231±6,3	227±20,7
	206±28,7	227±37,9	211±17,2	227±37,9	206±24,5
После увлажнения	–	102±7,8	123±6,8	–	–
	–	118±22,2	95±15,4	–	–
Шлифование после увлажнения	–	184±28,4	143±4,1	–	–
	–	152±31,4	116±12,5	–	–
После грунтования	95±16,4	144±12,8	115±14,4	78±12,6	99±10,3
	87±18,8	103±7,4	113±15,2	103±19,1	106±13,3
После шлифования грунтовки	139±16,6	170±20,7	144±15,6	231±6,3	221±36,9
	153±26,4	165±11,5	148±5,5	166±10,8	159±20,1
Покраска	139±15,6	214±11,3	242±6,1	82±12,1	158±18,7
	145±22,9	222±45,1	224±14,3	116±13,1	102±11,4

*Примечание.* В числителе приведены значения показателей для образцов первой серии, в знаменателе – для образцов второй серии

Во время проведения эксперимента возник ряд вопросов: почему широкослойная древесина после увлажнения высыхает быстрее мелкослойной; чем объясняется большая эффективность двукратного увлажнения по сравнению с однократным? С целью раскрытия данных вопросов и были проведены дополнительные исследования. В результате установлено, что при двукратном намачивании водой древесины происходит большее увлажнение как для широкослойной, так и для мелкослойной древесины, чем при однократном. Это можно объяснить тем, что при первичном погружении древесины в воду происходит приоткрывание пор (в данном случае полости перерезанных трахеид, формирующих поверхность). При повторном погружении происходит большее поглощение воды открытыми порами, чем при однократном погружении с большей выдержкой в воде. Анализ продолжительности (скорости) высыхания образцов до влажности 12% показывает, что широкослойные

образцы древесины достигали указанного значения быстрее, чем мелкослойные.

В ходе эксперимента по определению глубины проникновения воды в древесину при поверхностном увлажнении с добавлением метиленовой сини было установлено, что проникновение воды в широкослойную древесину меньше, чем в мелкослойную. Этим объясняется более высокая скорость высыхания таких образцов, обусловленная меньшим проникновением воды в древесину. Меньшая же глубина проникновения воды в широкослойную древесину, на наш взгляд, объясняется присутствием большего количества деформированных клеток в ранних зонах такой древесины. Данное объяснение согласуется с исследованиями В.Е. Москалевой, которая установила, что прелесованный сосновый шпон обладает меньшим водопоглощением, чем натуральный. Нами экспериментально обнаружено, что проникновение воды при поверхностном увлажнении происходит в большей степени в раннюю древесину, чем в позднюю. Однако в некоторых случаях отмечалось проникновение воды и в позднюю древесину на такую же глубину, как и в раннюю. В этом случае вода проникала через сердцевинные лучи. Возможность такого проникновения воды согласуется с «теорией лучевых трахеид», предложенной В.Н. Ермолиным.

Для определения оптимальных параметров процесса увлажнения древесных подложек перед нанесением ВД ЛКМ были проведены исследования по изучению влияния продолжительности ( $X_2$ ) и количества циклов ( $X_1$ ) увлажнения на качество сформированного лакокрасочного покрытия. Образцы из мелкослойной и широкослойной древесины были подготовлены в производственных условиях деревообрабатывающего завода ОАО «Забудова». В качестве увлажняющего агента использовалась дистиллированная вода с температурой  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , что соответствует среднему значению требуемой температуры воздуха по санитарным нормам и нормальным условиям ведения технологического процесса.

Математический метод планирования экспериментальных исследований позволил получить адекватную модель зависимости высоты неровностей лакокрасочных покрытий от переменных факторов. Полученные модели имели вид:

– для мелкослойной древесины

$$Y_1 = 4,98 - 0,82 \times X_1 + 0,83 \times X_1^2 \quad (2)$$

– для широкослойной древесины

$$Y_2 = 5,7 - 1,25 \times X_1 + 1,75 \times X_1^2 \quad (3)$$

Как оказалось, продолжительность цикла увлажнения в принятом диапазоне ( $X_2$ ) от 2 до 6 с не оказывает существенного влияния на высоту неровностей.

По математическим моделям построены графики, представленные на рис. 5.



Рис. 5. Влияние количества циклов увлажнения древесины на глубину неровностей лакокрасочных покрытий: 1 – мелкослойная древесина; 2 – широкослойная древесина; 3 – состояние поверхности мелкослойной древесины до увлажнения; 4 – состояние поверхности широкослойной древесины до увлажнения

Графики отражают динамику влияния поверхностного увлажнения на высоту неровностей после создания покрытия на основе ВД ЛКМ. Найденные закономерности изменения неровностей покрытий определяли при использовании предварительного увлажнения образцов. Если же увлажнение отсутствовало, высота неровностей значительно превышала приведенные значения. Значения высот неровностей определялись путем замеров после создания покрытия – нанесения ВД грунтовки и краски, которому предшествовал контакт древесных образцов с водой с использованием последующей сушки до влажности 12% и шлифования поверхности абразивным №10 электрокорундовым инструментом с плотной насыпкой.

Анализ экспериментальных данных и полученных моделей позволяет сделать вывод, что для получения качественного покрытия следует использовать цикл увлажнения не менее двукратного, чтобы вызвать полное поднятие деформированных трахеид. Однако необходимо учитывать, что чем больше древесина будет выдерживаться в воде, тем более длителен будет процесс высушивания до необходимой влажности, как следует из табл. 2.

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать введение в технологию отделки столярно-строительных изделий в промышленных условиях операцию предварительного увлажнения. Для данной операции следует использовать двукратный цикл увлажнения. Сушку изделий необходимо производить до требуемой влажности в соответствии с требованиями нормативных документов – СТБ 939-93 «Окна и балконные двери для зданий и сооружений. Общие технические условия». После этого изделия можно подвергать основным стадиям создания покрытий на основе ВД ЛКМ.

**Влияние переменных факторов на продолжительность сушки образцов в зависимости от вида древесины**

№ опыта	Переменные факторы		Время высушивания образцов в зависимости от вида древесины	
	количество циклов увлажнения ( $X_1$ ), шт.	продолжительность цикла увлажнения ( $X_2$ ), с	широкоослойная	мелкоослойная
1	3	6	100	125
2	1	6	40	60
3	3	2	80	105
4	1	2	30	35
5	3	4	95	120
6	1	4	35	60
7	2	6	75	95
8	2	2	50	65

В **пятой главе** изложены результаты опытной промышленной апробации усовершенствованной технологии отделки столярно-строительных изделий ВД ЛКМ, в частности применительно к оконным блокам.

Основные результаты диссертационной работы прошли опытно-промышленную апробацию на деревообрабатывающем заводе ОАО «Забудова». При проведении эксперимента использовали заготовки, полученные из разных сосновых бревен. Заготовки после обработки в производственных условиях делили по длине на три образца и из них формировали три партии образцов по пять штук (по одному из каждой заготовки). Из каждой заготовки вырезали также контрольные образцы, по которым определяли состояния поверхности древесины перед отделкой. ЗДП образцов формировали на оборудовании фирмы «Айзенман» по действующему на предприятии технологическому процессу отделки, состоящему из следующих операций: нанесение ВД грунтовок методом струйного облива, выдержка и последующая сушка слоя грунтовки в конвективной камере, промежуточное шлифование, нанесение ВД краски методом комбинированного распыления, выдержка и последующая сушка слоя краски в конвективной камере. Таким образом, наносили покрытие на образцы I партии. Образцы II партии подвергались однократному увлажнению, образцы III партии – двукратному. Образцы II и III партий высушивали, потом шлифовали, а затем их отделявали по указанному выше технологическому процессу.

Значение показателей качества поверхности образцов I, II и III партий и контрольных определяли профилографом-профилометром. После обработки полученных профилограмм (рис. 6) были получены результаты, представленные в табл. 3.





Рис. 6. Профилограммы поверхности из опытной заготовки №1 (вертикальное увеличение  $\times 200$ , горизонтальное увеличение  $\times 5$ ): 1 – шлифованной до отделки (контрольного образца); 2 – I партии; 3 – II партии; 4 – III партии.

Данные табл. 3 показывают следующее: по уровню качества ЗДП лучшими являются образцы III партии (коэффициент неровностей 222). У образцов, отделанных без предварительного увлажнения (по технологии предприятия), коэффициент неровностей на 95 единиц меньше. Он же на 50 единиц меньше, чем у образцов из II партии. По сравнению со шлифованной древесиной, качество покрытий выше у образцов из III партии (на 49 единиц) и находится примерно на одном и том же уровне у образцов II партии. А качество ЗДП образцов, отделанных без предварительного увлажнения, хуже качества поверхности контрольных образцов (величина  $V_d$  на 46 единиц меньше).

Таблица 3

**Средние значения показателей состояния поверхности заготовок**

Номер опытной партии	$W'_{\text{ср}}$ , мкм	$W'_{\text{max}}$ , мкм	$S_w$ , мм	$V_d$
Контрольная	10,0	14,8	1,69	173
I	21,2	29,0	2,38	127
II	10,9	15,4	1,87	177
III	8,9	12,9	1,92	222

Таким образом, опытное промышленное испытание подтвердило целесообразность использования предварительного увлажнения с последующей шлифовкой древесины для снижения проявления неровностей покрытий по годичным слоям. На основании проведенных исследований и результатов промышленного испытания разработана «Технологическая карта увлажнения столярно-строительных изделий» на деревообрабатывающем заводе ОАО «Забудова», которая утверждена руководством предприятия и принята к внедрению для серийного изготовления столярно-строительных

изделий. Прогнозируемый годовой экономический эффект от внедрения разработки составляет около 30 млн. бел. руб. за счет увеличения объема выпускаемой продукции повышенного качества.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Экспериментально установлено, что одной из особенностей использования традиционной технологии формирования защитно-декоративных покрытий столярно-строительных изделий из древесины сосны воднодисперсионными лакокрасочными материалами является ухудшение качества поверхности, происходящее по причине поднятия древесины ранних зон годичных слоев [1, 2, 3, 4].

2. Показано, что при формировании покрытий проникновение воднодисперсионных материалов в древесину сосны происходит через вскрытые полости трахеид и сердцевинные лучи, образующие поверхность, контактирующую с лакокрасочными материалами [5, 6].

3. Разработана модель процесса образования неровностей покрытий по годичным слоям, обусловленных наличием деформированных клеток в ранних зонах, при нанесении воднодисперсионных лакокрасочных материалов на подложку из древесины сосны [5, 6, 8].

4. Разработан способ улучшения поверхности покрытий древесины сосны, заключающийся в двукратном увлажнении столярно-строительных изделий перед нанесением воднодисперсионных лакокрасочных материалов [9, 10, 11].

5. Результаты исследований апробированы и внедрены на деревообрабатывающем заводе ОАО «Забудова». Прогнозируемый годовой экономический эффект составляет при этом около 30 млн. бел. руб. за счет увеличения объема выпускаемой продукции повышенного качества [7].

### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Прохорчик С.А. Особенности отделки изделий из древесины водоразбавляемыми лакокрасочными материалами // Леса Беларуси и их рациональное использование: Матер. Междунар. научно-техн. конф. – Мн., 2000. – С. 311–312.
2. Прохорчик С.А., Ситнов А.А., Янушкевич А.А. Природоохранные технологии в деревообработке // Материалы 4-й Международной научно-практической конференции: В. 2 ч. – Мн.: РИВШ БГУ, 2002. – С. 94–99.
3. Прохорчик С.А., Ситнов А.А. Структурные особенности формирования защитно-декоративных покрытий воднодисперсионными лакокрасочными материалами на изделиях из древесины сосны // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообр. промышленность. – Мн., 2002. – Вып. X. – С. 166–167.

4. Прохорчик С.А. Сравнительный анализ эффективности нанесения лакокрасочных материалов методом распыления // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообр. промышленность. – Мн., 2003. – Вып. XI. – С. 178–181.
5. Прохорчик С.А. Микроскопические исследования формирования защитно-декоративных покрытий воднодисперсионными лакокрасочными материалами на подложках из древесины сосны // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообр. промышленность. – Мн., 2003. – Вып. XII. – С. 192–196.
6. Прохорчик С.А., Янушкевич А.А. Особенности формирования воднодисперсионных лакокрасочных покрытий на изделиях из древесины сосны // Известия Белорусской инженерной академии. – Мн., 2004. – № 2. – С. 22–27
7. Прохорчик С.А., Левкович Г.А., Зворская О.В. Повышения качества воднодисперсионных лакокрасочных покрытий древесины // Деревообрабатывающая промышленность. – М., 2005. – № 1. – С. 15–18.
8. Прохорчик С.А. Экология и качество при отделке столярно-строительных изделий из древесины сосны // Лесная промышленность Беларуси. – Мн., 2005. – № 1. – С. 15–19.
9. Прохорчик С.А. Исследование процесса поверхностного увлажнения как способа повышения качества столярно-строительных изделий из древесины сосны // Лесная промышленность Беларуси. – Мн., 2005. – № 4. – С. 31–33.
10. Прохорчик С.А. Об улучшении качества окон и дверей // Вестник белорусской академии архитектуры. – Мн., 2005. – № 1. – С. 53–54.
11. Прохорчик С.А. Улучшение качества защитно-декоративных покрытий столярно-строительных изделий из древесины сосны // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка: Сборник тезисов Международной научно-практической конференции молодых ученых, Санкт-Петербург, 16-18 ноября 2004 г. / СПбГЛТА. – СПб.: СПбГЛТА, 2005. – С. 69–71.



## РЭЗЮМЭ

Прохарчык Сяргей Аляксандравіч  
Фармаванне палепшанай паверхні стальярна-будаўнічых вырабаў  
з драўніны сасны воднадысперсійнымі лакафарбавымі матэрыяламі

СТАЛЯРНА-БУДАЎНІЧЫЯ ВЫРАБЫ, ВОДНАДЫСПЕРСІЙНЫЯ  
ЛАКАФАРБАВЫЯ МАТЭРЫЯЛЫ, ДРАЎНІНА САСНЫ, ТРАХЕІДЫ,  
АХОЎНА-ДЭКАРАТЫЎНЫЯ ПАКРЫЦЦІ

Аб'ектам даследавання дысертацыйнай працы з'яўляецца ўзаемадзеянне воднадысперсійных лакафарбавых матэрыялаў з драўнінай сасны ў тэхналагічным працэсе аздабы стальярна-будаўнічых вырабаў на аснове гэтых матэрыялаў. Прадмет даследавання – накіраванае змяненне ўласцівасцяў паверхні вырабаў з драўніны сасны пры падрыхтоўцы да аздабы, што забяспечвае памяншэнне няроўнасцяў пакрыццяў па гадавых сляях на аснове воднадысперсійных лакафарбавых матэрыялаў. Мэтай дысертацыйнай працы з'яўляецца выяўленне асаблівасцяў і заканамернасцяў узаемадзеяння драўніны сасны з воднадысперсійнымі лакафарбавымі матэрыяламі пры фармававанні пакрыццяў і распрацоўка спосабу, які забяспечвае паляпшэнне паверхні стальярна-будаўнічых вырабаў.

У дысертацыі распрацаваны і выкарыстаны метады даследавання ўзаемадзеяння воднадысперсійных лакафарбавых матэрыялаў з драўнінай сасны ў працэсе фарміравання ахоўна-дэкаратыўных пакрыццяў з дапамогай растравай і аптычнай мікраскапіі, што дазволіла ўстанавіць прыроду ўтварэння няроўнасцей пакрыццяў за кошт наяўнасці дэфармаваных клетак у ранніх зонах гадавых слаёў. Устаноўлены асноўныя заканамернасці ўтварэння няроўнасцей па гадавых сляях пакрыццяў з драўніны сасны ў залежнасці ад зон гадавых слаёў драўніны з выкарыстаннем прафілографа і рэзістографа, і зроблена ацэнка велічыні гэтых няроўнасцей. Абгрунтавана эфектыўнасць выкарыстання спосабу папярэдняга ўвільгатнення пры аздабе вырабаў з драўніны сасны для паляпшэння якасці фармуемых пакрыццяў на аснове воднадысперсійных матэрыялаў.

Распрацаваны спосаб павышэння якасці пакрыццяў стальярна-будаўнічых вырабаў з драўніны сасны воднадысперсійнымі матэрыяламі за кошт памяншэння няроўнасцей пакрыццяў па гадавых сляях. Прапанаваны тэхналагічны працэс фарміравання пакрыццяў, які ўключае двухразовае папярэдняе ўвільгатненне паверхні стальярна-будаўнічых вырабаў, укаранёны на дрэваапрацоўным заводзе ААТ «Забудова». Гадавы эканамічны эфект, які чакаецца ад укаранення распрацоўкі за кошт павелічэння аб'ёму выпускаемай прадукцыі павышанай якасці, складае каля 30 млн. бел. руб.

## РЕЗЮМЕ

Прохорчик Сергей Александрович

Формирование улучшенной поверхности столярно-строительных изделий из древесины сосны воднодисперсионными лакокрасочными материалами

СТОЛЯРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ, ВОДНОДИСПЕРСИОННЫЕ  
ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ДРЕВЕСИНА СОСНЫ, ТРАХЕИДЫ,  
ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Объектом исследования диссертационной работы является взаимодействие воднодисперсионных лакокрасочных материалов с древесиной сосны в технологическом процессе отделки столярно-строительных изделий на основе данных материалов. Предмет исследований – направленное изменение свойств поверхности изделий из древесины сосны при подготовке к отделке, обеспечивающее уменьшение неровностей покрытий по годичным слоям на основе воднодисперсионных лакокрасочных материалов. Целью диссертационной работы является установление особенностей и закономерностей взаимодействия древесины сосны с воднодисперсионными лакокрасочными материалами при формировании покрытий и разработка способа, обеспечивающего улучшение поверхности столярно-строительных изделий.

В диссертации разработаны и использованы методы исследования взаимодействия воднодисперсионных лакокрасочных материалов с древесиной сосны в процессе создания защитно-декоративных покрытий с помощью растровой и электронной микроскопии, что позволило установить природу образования неровностей за счет наличия деформированных клеток в ранних зонах годичных слоев. Установлены основные закономерности образования неровностей по годичным слоям покрытий изделий из древесины сосны в зависимости от зон годичных слоев древесины с использованием профилографа и резистографа, и произведена оценка величины этих неровностей. Обоснована эффективность использования способа предварительного увлажнения при отделке изделий из древесины сосны для улучшения качества формируемых покрытий на основе воднодисперсионных лакокрасочных материалов.

Разработан способ повышения качества покрытий столярно-строительных изделий из древесины сосны воднодисперсионными лакокрасочными материалами за счет уменьшения неровностей покрытий по годичным слоям. Предложен технологический процесс формирования покрытий, включающий двукратное предварительное увлажнение поверхности столярно-строительных изделий, который внедрен на деревообрабатывающем заводе ОАО «Забудова». Прогнозируемый годовой экономический эффект составляет при этом около 30 млн. бел. руб. за счет увеличения объема выпускаемой продукции повышенного качества

**SUMMARY**

Siergey Prohorchik

Creation of the improved coating of a pine-wood joiner's-building products using water-dispersion lacquer materials

**Key words:** joiner's-building products, water-dispersion lacquer materials, pine-wood, tracheids, penetration, protective-decorative coating

**The object and the subject of the research.** The object for research is process of water-dispersion lacquer materials interaction with pine-wood and technological process of joiner's-building products furnishing of that materials. The subject of the research is method of directional change of pine-wood surface properties under the preparing for coating that provides reduction of coating's irregularities on annual zones using water-dispersion lacquer materials.

**The purpose of the work.** The aim of the research is an identification of distinctive features and regularities of pine-wood interaction with water-dispersion lacquer materials in the process of coating and working out of a method for improving joiner's-building products coating quality.

**Received results and novelty.** In the paper methods of water-dispersion lacquer materials interaction with pine-wood in the process of protective-decorative coating creation worked out using scanning and electron microscopy. That allowed to determine the nature of coating's irregularities as a result of strained cells presence on early annual zones. Using profilograph and resistograph main principles of coating's irregularities formation are established and its magnitudes are estimated. The efficiency of surface moistening is grounded for creation of improved pine-wood products coating using water-dispersion lacquer materials.

**Field of applications.** The results of the research are applied for coating technology improving using double preliminary moistening on the unitary production enterprise Woodworking Plant JSC "Zabudova". This allowed to improve the output quality and competitiveness strengthening as well. The calculated effect from an application of the results of the research is about thirty million rubles.

Прохорчик Сергей Александрович

**ФОРМИРОВАНИЕ УЛУЧШЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ  
СТОЛЯРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ  
ВОДНОДИСПЕРСИОННЫМИ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ  
МАТЕРИАЛАМИ**

Подписано в печать 25.11.2005. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,3. Уч.-изд. л. 1,3.

Тираж 85 экз. Заказ *696*

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050, Минск, Свердлова, 13а.  
ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.2004.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050, Минск, Свердлова, 13.  
ЛИ № 02330/0056739 от 22.01.2004.