

Tn. Ageeva

6. Царёва (Агеева) Т.С. Современные методы и средства лабораторного контроля качества фанерной продукции / Т.С. Царёва, Ю.Б. Левинский, // Научное творчество молодежи-лесному комплексу России, Материалы V всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов.- Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. С.176-179

7. Царёва (Агеева) Т.С., Возможности производства строительной фанеры с улучшенными характеристиками эксплуатационной надёжности и потребительских свойств / Ю.Б. Левинский, Т.С. Царёва, Е.С. Глезденёва // Материалы международной научно- практической конференции.- Санкт-Петербург: 2009. С.48-52

8. Царёва (Агеева) Т.С. Влияние специальных материалов на свойства комбинированной строительной фанеры / Ю.Б. Левинский, Т.С. Царёва, Е.С. Глезденёва // Научное творчество молодежи-лесному комплексу России, Материалы VI всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов и конкурса по программе «УМНИК» ч.1.- Екатеринбург, 2010. С.164-167

9. Царёва (Агеева) Т.С. Совершенствование технологии строительной фанеры на основе модификации лущеного шпона в условиях производства ЗАО «ФАНКОМ» / Т.С. Царёва, Ю.Б. Левинский, // «Научный Олимп» XIII областной конкурс научно-исследовательских работ студентов вузов и ссузов, Сборник аннотаций.- Екатеринбург, 2010. С.13-14

10. Царёва (Агеева) Т.С. Строительная фанера с элементами модификации шпона и армирования пакетов / Т.С. Царёва, Ю.Б. Левинский // ЛЕСА РОССИИ В XXI ВЕКЕ: Материалы восьмой международной научно - технической интернет - конференции.- Санкт-Петербург, 2011. С.12-17

11. Царёва (Агеева) Т.С. Модифицированный шпон - путь к повышению качества строительной фанеры / Т.С. Царёва, Ю.Б. Левинский // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России, Материалы VII всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов.- Екатеринбург: УГЛТУ, 2011.

12. Царева (Агеева) Т.С. «Эластофан» - новый продукт в производстве фанеры/ Т.С. Царева, Ю.Б. Левинский // Научное творчество молодежи-лесному комплексу России, Материалы VIII всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов и конкурса по программе «УМНИК» ч.1.- Екатеринбург, 2012. С.282-285

13. Царева (Агеева) Т.С. Древесные конструкционно-строительные материалы с улучшенными характеристиками / Ю.Б. Левинский, Г.Н. Левинская, Т.С. Царева, Н.Е. Петряев // Стройкомплекс Среднего Урала №6 (159) июнь 2012г.-Екатеринбург, 2012. С.48-49

14. Агеева Т.С. Научно-практические разработки по совершенствованию конструкций и технологии клееных материалов / Ю.Б. Левинский, Т.С. Агеева, Н.Е. Петряев// VIII Международный евразийский симпозиум «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века» ».- 2013.-<http://symposium.forest.ru/>

15. Агеева Т.С. Анизотропность трехкомпонентного клеенного слоистого композита / Т.С. Агеева, Ю.Б. Левинский // VIII Международный евразийский симпозиум «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века».-2013.-<http://symposium.forest.ru/>

Просим прислать Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной гербовой печатью, просим направлять по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, Ученому секретарю диссертационного совета Куцубиной Н.В.

Подписано в печать 23.05.2013 Объем 1,0 п.л. Заказ № 128 Тираж 100. 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. Уральский государственный лесотехнический университет. Отдел оперативный полиграфии.

Агеева Татьяна Сергеевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОЙ
СТРОИТЕЛЬНОЙ ФАНЕРЫ НА ОСНОВЕ ФИЗИКО-
МЕХАНИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ ЛУЩЕНОГО ШПОНА**

05.21.05 «Древесиноведение, технология и оборудование
деревопереработки»

АВТОРЕФЕРАТ

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

Екатеринбург, 2013

Работа выполнена на кафедре древесиноведения и специальной обработки древесины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный лесотехнический университет».

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Левинский Юрий Борисович

Официальные оппоненты: Бурындин Виктор Гаврилович
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии переработки пластмасс ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Денисов Сергей Викторович кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообработки ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»

Защита диссертации состоится «28» июня 2013 г. в 10 00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.02 при ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» 620100 г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт 37, ауд.401

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Автореферат разослан «27» мая 2013 года

Ученый секретарь диссертационного совета кандидат технических наук, доцент



Н.В. Кузубина

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Фанера широко используется в различных отраслях народного хозяйства. Представляют интерес новые направления применения фанеры, а именно в качестве строительного материала для обшивки каркасно-панельных домов. Фанера и изделия из неё способствуют индустриализации деревянного домостроения, повышению технологичности производства и экономии материально-сырьевых ресурсов, обеспечению доступности и комфортности жилья. Многолетний опыт применения фанеры в народном хозяйстве показывает, что 1 м³ фанеры заменяет до 10 м³ лесоматериалов.

В настоящее время на рынке всё чаще появляются материалы, которые по своим физико-механическим характеристикам выше, чем фанера. Чтобы фанера на рынке была более конкурентоспособной, надо повысить её эксплуатационные характеристики. Этого можно добиться в результате повышения ее водостойкости, огне- и биозащищённости, изолирующих свойств (звукоизоляции и вибропоглощения), а также уменьшения себестоимости продукции. С новыми и явно улучшенными эксплуатационными характеристиками фанера найдёт более широкое применение во всех сферах деятельности, где особо ценятся конструкционные свойства материалов: в авто-, вагоно-, судо- и контейнеростроении, а также строительной индустрии.

При производстве строительной фанеры (далее - СФ) задача усложняется еще и тем, что формирование клеевых соединений происходит с отклонением от классических представлений о взаимодействии клея с древесиной. Причинами являются насыщение древесины солями (антипиренами), изменяющими физико-химическую структуру материала, ограниченная смачиваемость поверхности шпона, неравномерная плотность древесины и т.д. В этих условиях требуется тщательно произвести подбор клеевых веществ, которые совмещались бы с дополнительно используемыми продуктами (модификаторами, эластомерами, антипиренами и т.д.) и обеспечить оптимальные режимные параметры склеивания.

Одной из важных задач является повышение конструкционной надежности СФ. От ее решения зависят долговременность стабильной работы строительных изделий и объектов, безопасность сооружений и экономическая эффективность производства. В строительстве, прежде всего, необходимо обеспечить конструкционную прочность изделий в условиях реальной эксплуатации объектов. Это означает, что плитные материалы, используемые в панелях, перекрытиях, комбинированных балках и других изделий строительного назначения должны выдерживать определенные климатические воздействия и знакопеременные нагрузки в течение длительного времени, причем, в условиях, которые сложно прогнозировать по совокупности факторов воздействия среды.

Цель работы - получение комбинированной строительной фанеры с высокими физико-механическими показателями, способствующими повышению её эксплуатационной надёжности в строительстве.

Задачи работы:

1. Изучить структуру и состояние шпона, предназначенного для производства строительной фанеры;
2. Исследовать методы и средства модификации шпона с целью повышения его конструкционных возможностей в составе комбинированной фанеры;

3. Оптимизировать составы пакетов шпона для склеивания с учетом условий и параметров модификации древесины;
4. Определить зависимости показателей прочности СФ от вида и параметров физико-механической модификации шпона;
5. Определить математическую модель процесса склеивания и оптимизировать основные технологические параметры;
6. Теоретически обосновать изменение напряженно – деформированного состояния СФ и клеевых соединений модифицированного шпона.

Объектами исследования является шпон из древесины разных пород, подвергнутый физико-механической модификации и комбинированная строительная фанера (КСФ), полученная на его основе.

Предметами исследования является структура и микростроение шпона, механические показатели и технологические возможности модифицированного шпона, процессы формирования и качество клеевых соединений шпона, обработанного эластомером и уплотненного прокаткой.

Методы исследований. Исследования выполнены на основе анализа трехэлементного слоистого композита по критериальным оценкам его напряженно-деформированного состояния, проведения лабораторных и производственных экспериментов по изготовлению комбинированной фанеры из модифицированного шпона и комплексной оценки качества продукта.

Научная новизна работы. В результате проведенного исследования были получены следующие новые элементы научного знания:

✓ определены условия формирования клеевого соединения, устойчивого к воздействию факторов эксплуатационного характера: знакопеременных нагрузок, изменения влажности и др.

✓ выявлена эффективность применения уплотнения осинового шпона при его использования в конструкциях КСФ (в сочетании со шпоном из древесины сосны);

✓ исследованы возможности уменьшения отрицательного влияния микродефектов (микротрещин и неровностей на поверхности хвойного шпона) за счет его предварительной обработки каучукосодержащим эластомером;

✓ выявлены закономерности изменения прочности и напряженно-деформированного состояния СФ на основе использования в её конструкции шпона, покрытого тонким слоем эластомера.

Научные положения, выносимые на защиту.

1. Использование осинового шпона, в т.ч. уплотненного, в комбинации с сосновым, обеспечивает получение бездефектных клеевых соединений, снижение влияния шероховатости и шероховатости соединяемых поверхностей на прочность склеивания и сокращение расхода клеевых материалов.

2. Предварительная обработка поверхности хвойного шпона низковязкими растворами эластомеров (резиновая композиция) способствует уменьшению внутренних напряжений в клеевых соединениях, упрочнению шпона в зоне микроразрушений древесины и повышению прочности и водостойкости фанеры.

3. Трехэлементные слоистые композиты, состоящие из древесины, эластомера и синтетического поликонденсационного связующего представляют собой более гибкую и механически устойчивую систему при эксплуатации конструкций в условиях знакопеременных нагрузок и климатических воздействий по сравнению с типовой фанерой (двухэлементный слоистый композитом).

Достоверность и обоснованность результатов исследования, содержащихся в работе, подтверждается использованием изученных и разработанных в диссертации теоретических положений; системностью рассмотрения предмета исследования; современными средствами научного исследования, включая теорию планирования многофакторного эксперимента; совпадением результатов теоретических, экспериментальных и опытно-промышленных исследований;

Значимость для теории и практики

Для теории имеют значение:

✓ выявленные технические возможности и параметры оптимальной прокатки шпона с целью уплотнения древесины;

✓ зависимости прочности строительной фанеры от параметров модификации поверхности шпона и его уплотнения перед склеиванием;

✓ теоретическое обоснование повышения динамической устойчивости клеевых соединений.

Для практики имеет значение:

✓ способы специальной подготовки лущёного шпона в процессе производства КСФ;

✓ режимы склеивания модифицированного шпона, при изготовлении из него фанеры строительного назначения.

Место проведения. Работа выполнена в Уральском государственном лесотехническом университете на кафедре древесиноведения и специальной обработки древесины. Исследования проводились в сертифицированной лаборатории ЗАО «Фанком».

Реализация работы. Основные научно-теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы внедрены на предприятии ЗАО «ФАНКОМ» (копия справки представлена) в качестве технико-технологических рекомендаций и методических указаний.

Апробация работы. Основные выводы по научно-исследовательской работе доложены на научно-технических конференциях, симпозиумах и конкурсах творческой молодежи:

✓ Научно - техническая конференция студентов и аспирантов УГЛТУ –2009, 2010, 2011, 2012;

✓ VI-й и VIII-й международный евразийский симпозиум «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент 21 века»;

✓ Информация НП «Ассоциация деревянного домостроения»;

✓ Всероссийский конкурс научных работ 2010 г. (медаль конкурса);

✓ Областной конкурс творческой молодежи «Научный Олимп», г. Екатеринбург, 2010 г. (специальная премия конкурса);

✓ Международная научно-практическая конференция, г. Санкт-Петербург, 2009 г.

Публикации работы. По материалам исследований опубликовано 14 печатных работ из них в изданиях, рекомендуемых ВАК, - 3.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает введение, 5 глав, выводов, библиографический список и приложений. Общий объем работы – 147 стр., в том числе 42 таблицы, 67 иллюстраций, 103 наименования использованных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы диссертационной работы, цели и задачи исследования, сформулированы определения объекта и предмета исследования, указаны методы исследования, научная новизна, практическая ценность и реализация результатов научных исследований, сформулированы научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ состояния производства и потребления строительной фанеры» проведен обзор и анализ работ, посвященных проблемам совершенствования конструкций из клееной древесины. Проблемами определения прочности, долговечности и устойчивости деревянных конструкций, оценки технических возможностей древесины при их производстве, а также задачами повышения эффективности использования сырьевых ресурсов занимались такие известные исследователи, как Уголев Б.Н., Волынский В.Н., Ковальчук Л.М., Леонтьев Н.Л., Ашкенази Е.К., Глухих В.Н., Левинский Ю.Б., Денисов С.В., Азаров В.И., Фрейдин А.С., Чубинский А.Н., Куликов В.А. и другие. На основе анализа литературных источников и научно-технической информации по исследуемому вопросу установлено следующее:

- анализ развития внутреннего и мирового рынка показал, что на рынке растет спрос на строительную большеформатную фанеру (развитие малоэтажного домостроения), также происходит увеличение себестоимости фанеры на российских предприятиях в результате необходимости модернизации производства;

- анатомическое строение древесины влияет на плотность, пористость и проницаемость шпона, а также другие факторы состояния склеиваемого материала, которые в значительной степени определяют его технологические возможности;

- на прочность клеевого соединения оказывают влияние побочные явления, а именно: состояние склеиваемых поверхностей, толщина образующегося клеевого слоя, величина возникающих в клее и клеевом соединении внутренних напряжений и другие;

- определены и обоснованы возможности рационального использования осинового шпона в производстве комбинированной фанеры строительного назначения;

- большая шероховатость соснового шпона и микротрещины на его поверхности существенно влияют на прочность клеевых соединений, расход клеевых материалов и эксплуатационную надежность клееного слоистого материала (фанеры, фанерных плит и т.д.);

- прогнозирование и регулирование эксплуатационно-технических параметров СФ может быть обеспечено на основе разработки теоретически обоснованной модели формирования клеевых соединений с учетом совместимости компонентов клееного слоистого композита и напряженно-деформационных характеристик системы;

- по результатам исследования известных ученых систематизированы факторы, влияющие на качество строительной фанеры, что способствует более рациональному поиску методов и средств упрочнения клееных конструкций из шпона.

В целом, проведенный анализ научных работ и достижений в области склеивания показывает необходимость дальнейшего поиска эффективных наполнителей - модификаторов и способов производства строительной фанеры.

Во второй главе «Теоретическое обоснование физико-механической модификации лущеного шпона» приведены результаты теоретических изысканий

физико-механической модификации лущеного шпона на основе обработки поверхности соснового шпона эластомерной жидкостью и уплотнения осинового шпона в валковых установках.

Эластомерная жидкость (резиновая композиция) состоит из длинных цепных молекул, связанных друг с другом в отдельных точках, образуя трехмерную сетку, и обладают единственной формой в ненапряженном состоянии. При оптимальной степени модификации поверхности часть активных центров блокируется, что ведет к перераспределению напряжений, так как расстояние между центрами, которые взаимодействуют с полимером, увеличивается. При деформации готового изделия время до достижения максимального разбухания у модифицированной фанеры больше, чем у натуральной, что объясняется меньшей скоростью диффузии связанной влаги в модифицированной древесине. В связи с вышесказанным, можно предположить, что эластомерный раствор, нанесенный на поверхность шпона, за счет своих свойств, существенно уменьшает его проницаемость и насыщение влагой. Таким образом, обработка склеиваемых поверхностей модификатором, позволяет регулировать адгезионные, когезионные и релаксационные характеристики гетерогенных полимерных систем.

Получаемые эффекты связаны с изменением реологических свойств склеиваемой древесины и напряженно-деформированным состоянием клееного материала. Вводя в древесину эластомер, который распределяется в поверхностном (контактном) слое шпона, мы изменяем соотношение между параметрами трех видов деформаций ($\epsilon_{упр}$, $\epsilon_{эл}$, $\epsilon_{пл}$) (рис.1.). Это приводит к соответствующим изменениям внутренних напряжений, как в клеевых слоях, так и в самом клееном материале. Особенно эффект таких изменений проявится в условиях механических нагружений конструкций и процессах набухания древесины от увлажнения. Это способствует получению композитного продукта с более высокими показателями эксплуатационной надежности: долговечности, водо- и атмосферостойкости, восприимчивости динамических нагрузок и воздействий.

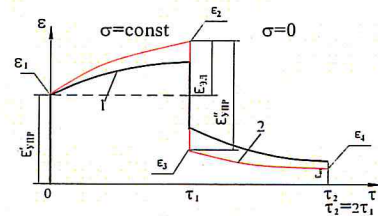


Рисунок 1- Общая зависимость относительной деформации (ϵ) от напряжения (σ) во времени (τ): 1- древесины; 2 -комбинированной строительной фанеры с использованием эластомерного модификатора.

За счет заполнения трещин эластомером уменьшится величина остаточных деформаций. В определенных условиях склеивания упругая составляющая деформации сжатия материала может достигать существенной величины (рис.2). Выступы шероховатостей склеиваемой поверхности материала становятся своего рода сжатыми пружинами, которые после снятия давления стремятся восстановить свои первоначальные размеры. Если этому препятствует клеевая прослойка, упругие силы создают остаточные напряжения, действующие перпендикулярно плоскости склеивания.

В связи с этой модификацией листов шпона перед их склеиванием изменяется физико-механическое состояние субстрата. Важной задачей модификации является уменьшение анизотропии фанеры путем увеличения ее прочности в направлении, не совпадающем с направлением волокон в наружных слоях. Анизотропия механических свойств древесины проявляется в разнообразии её показателей и конструкционных

возможностей по различным направлениям, как фанеры с взаимноперпендикулярным расположением волокон, так и отдельных листов шпона.

Метод расчета отдельных слоев шпона дает более точную оценку свойств, а следовательно, и более объективную характеристику прочностных и упругих свойств фанеры в целом, показывая величину модуля упругости для фанеры с различным числом слоев и их взаимно перпендикулярным расположением.

На основе полученных данных предложена модель строительной фанеры в виде трехэлементного монолитного композита (рис.3). Для теоретического обоснования напряженно-деформированного состояния данного продукта принята идеализированная структура пакета в виде четко выраженного трехэлементного слоистого материала. Сделано это для упрощения расчетов и анализа деформационных проявлений. Так как на формирование клеевого соединения и получение монолитного слоистого композита в значительной мере влияют микротрещины, выходящие на контактные поверхности листов шпона, то необходимо оценить это влияние количественно.

Величину выступа трещин характеризующих шероховатость (с учетом, что шпон обрабатывается с двух сторон), условно можно определить по формуле

$$k = \frac{eS}{t} \quad (1)$$

Общая формула определения модуля упругости с учетом направления слоев шпона в трехэлементном композите принимает вид:

$$E_{D_{11}} = \frac{E_0}{1 - \mu_0 \mu_{90} \mu_2} \left[\frac{n_0(h-k)(2c+k) + \lambda(n-n_0)(h-k)(2c+k)}{n(h-k)(2c+k)} - \frac{n(h-k)(2c+k)\mu^2_{90}\mu_2}{\lambda n_0(h-k)(2c+k) + (n-n_0)(h-k)(2c+k)} \right], \quad (2)$$

$$E_{D_{22}} = \frac{E_{90}}{1 - \mu_0 \mu_{90} \mu_2} \left[\frac{\lambda n_0(h-k)(2c+k) + (n-n_0)(2c+k)(h-k)}{n(h-k)(2c+k)} - \frac{n(h-k)(2c+k)\mu^2_{90}\mu_2}{n_0(h-k)(2c+k) + \lambda(n-n_0)(h-k)(2c+k)} \right], \quad (3)$$

где E_0, E_{90} - модули упругости с продольным и поперечным расположением волокон лицевого слоя фанеры;

μ_0, μ_{90}, μ_2 - коэффициенты Пуассона элементарного слоя вдоль и поперек волокон соответственно, эластомера;

n - общее число элементарных слоев;

n_0 - общее число продольных слоев, совпадающих с осью: $\lambda = E_{90} / E_0$

h - толщина шпона;

c - общее число композитных слоев;

Преобразовав формулу получим:

$$E_{D_{11}} = \frac{E_0}{1 - \mu_0 \mu_{90} \mu_2} \left[\frac{n_0 + \lambda(n-n_0)}{n} - \frac{n\mu^2_{90}\mu_2}{\lambda n_0 + (n-n_0)} \right], \quad (4)$$

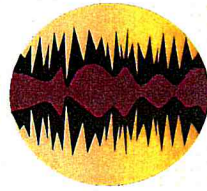


Рисунок 3- Модель склеивания СФ из модифицированного соснового шпона

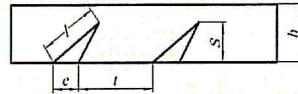


Рисунок 4 - Условная шероховатость шпона: S-глубина, e-ширина, t- шаг, h - высота шпона, l-длина.

$$E_{D_{22}} = \frac{E_{90}}{1 - \mu_0 \mu_{90} \mu_2} \left[\frac{\lambda n_0 + (n-n_0)}{n} - \frac{n\mu^2_{90}\mu_2}{n_0 + \lambda(n-n_0)} \right], \quad (5)$$

Все формулы включают величины упругих констант шпона (E, μ) значение E и μ клея. Расчет приведенного модуля упругости с учетом влияния клеевых слоев имеет ограниченный характер, так как этот метод применим лишь для фанеры с равной толщиной всех слоев шпона. В свете проводимых исследований наиболее интересна комбинация уплотненного и модифицированного шпона.

Теоретическое обоснование, приведенное выше, подтверждает, что наиболее эффективно подвергать модификации эластомером шпон из древесины сосны, как материал менее пластичный и неоднородный по характеристикам упругости и деформативности даже в пределах элементарного слоя – годичному слою. В случаях применения в составе комбинированной СФ шпона из древесины осины следует использовать для него механическую модификацию – уплотнение перед склеиванием, осиновый шпон более пластичен и не дает трещин. Анализ исследований показал, что осина плохо смачивается клеем, что ведет к увеличению расхода клеящей жидкости, а по прочностным характеристикам она ниже, чем сосновая фанера. Уплотнение до нанесения клея на шпон уменьшит эти недостатки.

Обоснована возможность бездефектного уплотнения осинового шпона в обжимной прокатной установке, на основе исследований физико-механических свойств древесины разных пород. В результате давления обжимных валков на листы лущеного шпона повышается плотность древесного материала, изменяются его геометрическая структура и физико-механические показатели. Возможность бездефектного уплотнения шпона обусловлена трубчатым строением древесины и ее упруго-пластическими свойствами. Захват листового материала обеспечивается, благодаря сбалансированности прилагаемых усилий и возникающих при этом внутренних напряжений в системе взаимодействия двух физических тел (рис.5).

Согласно схеме центральный угол α или угол захвата можно определить из соотношения:

$$\cos \alpha = 1 - \frac{h_0 - h_1}{d_a}, \quad (6)$$

где d_a - диаметр обжимных валков, мм; Если угол захвата $\alpha < 10-15^\circ$, то можно считать, что $\alpha \sim \sin \alpha$ и следовательно:

$$\alpha = \left(\frac{h_0 - h_1}{r_a} \right)^{0.5}, \quad (7)$$

Такое соотношение и замена тригонометрического параметра угловым значением зоны охвата при прокатке древесины будут допустимы, если разница $(h_0 - h_1)$ невелика. То есть на древесине

(шпоне) который предполагается уплотнять в результате обжимной прокатки до 30-40%.

Горизонтальная проекция дуги $\ell = r \cdot \sin \alpha$.

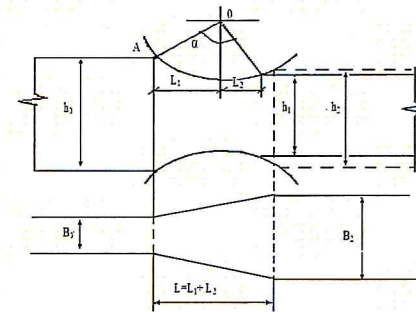


Рисунок 5. Схема изменения геометрических параметров шпона при прокатке листов шпона двумя гладкими обжимными вальцами

$$\ell = \left[r(h_2 - h_0) + \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (8)$$

При малых углах захвата можно принять $\ell = \sqrt{r(h_0 - h_2)}$. (9)

В соответствии с указанными теоретическими выкладками уплотнение осинового шпона прокаткой обеспечивает стабильное и контролируемое изменение толщины листов шпона без структурного разрушения в диапазоне 10-30% и соответствующее уплотнение самой древесины 5,7-25,4%. Следовательно, при начальной плотности древесины осины $\rho_{0(W=12\%)}=495 \text{ кг/м}^3$, после прокатки величина составляет $\rho_k=523 \dots 620,7 \text{ кг/м}^3$. Для расчёта соответствующие уравнения взаимосвязи между показателями, можно установить ожидаемые изменения и абсолютные величины прочности, модуля упругости и т.д. Например, предел прочности при сжатии соотносится с модулем упругости:

-хвойные $Y=9,61X^{0,663}$ ($R^2=0,647$), (10)

-лиственные $Y=23,67X^{0,34}$ ($R^2=0,211$), (11)

Исследования по прокатке подтверждают, что доля листов шпона с межволоконными разрывами и разрушениями древесины для хвойных пород велика и составляет до 50% даже на уровне обжима в 10%. Вероятно, это обусловлено большой разницей свойств ранней и поздней древесины в пределах годичных слоев, а также глубокими и многочисленными микротрещинами в шпоне, возникающими при лущении. Исходя из этих данных, можно сделать вывод о том, что физическая структурная модель обжима древесины прокаткой подходит лишь для случая мягколиственных пород.

В третьей главе «Методика экспериментально-теоретических исследований» представлена методика проведения экспериментов и обработки их результатов, приводятся методы и средства измерения, описание применяемого оборудования и приборов. Исходный материал – лущеный шпон разных пород (осина, берёза, сосна) и полученные комбинации пакетов. Специальная обработка шпона перед склеиванием производится для повышения его технико-технологических свойств, а также обеспечения определённых эксплуатационных параметров на более высоком уровне. Поисковые эксперименты проводились по следующим видам спецобработки шпона:

- ✓ уплотнение шпона из древесины мягких лиственных пород (осина) в обжимной валковой установке;
- ✓ исследование способов и средств, обеспечивающих рациональное использование клеев и древесного сырья;
- ✓ упрочнение КСФ с помощью поверхностной модификации шпона и пластификации клеевых соединений.

Цель прокатки шпона - повысить плотность древесины с одновременным сокращением её пористости, улучшить качество поверхности листов за счёт уменьшения неровностей (шероховатости) и микротрещин.

Для проведения экспериментов в лабораторных условиях и на производстве использовали: лущеный шпон - сосновый ($T=2,2\text{мм}$), осиновый ($T=1,5\text{мм}$), берёзовый ($T=1,7\text{мм}$), резиновую композицию, как модификатор.

Изготавливали фанеру толщиной 9,5 мм марки ФСФ. Размеры образцов при проведении лабораторных экспериментов составили 400*400мм.

Все испытания экспериментальной СФ проводили в лаборатории ЗАО «Фанком» и в полном соответствии с действующими нормативами ГОСТ 9624-93, ГОСТ 3916.1-96, ГОСТ 3916.2-96, ГОСТ 9625-87, ГОСТ 9624-93, ГОСТ 9622-87, EN 310:1993, EN 314- 2.

Оценка качества фанеры конструкционного назначения выполняется по следующим показателям:

- ✓ предел прочности при растяжении после обработки образцов кипячением, вымачиванием и др.;
- ✓ предел прочности при скалывании;
- ✓ предел прочности при статическом изгибе вдоль волокон, модуль упругости при статическом изгибе вдоль волокон.

Полученные экспериментальные данные экспериментов обрабатывали методами математической статистики. Система лабораторных испытаний и анализа результатов оценки физико-механических показателей КСФ проводилась в соответствии с методикой контроля качества производственной продукции ЗАО «Фанком» (рис.6).



Рисунок 6. Блок-схема системы контроля параметров при испытаниях образцов на машине «Zwick» и форма предоставления данных

В четвертой главе «Анализ результатов экспериментальных исследований» изложены результаты исследований и определены возможности комплектования пакетов для склеивания из шпона разных пород древесины. При этом применена предварительная модификация шпона: уплотнение, нанесение эластомера на поверхность листов.

В первой серии экспериментов исследовали зависимости показателей состояния и свойств шпона от величины исследуемых факторов установились в ходе следующих экспериментов:

- ✓ определение обжима древесины при прокатке шпона (рис.7)
- ✓ предел прочности шпона при растяжении от количества, вводимого в шпон, модификатора (рис.8);

С учетом полученных величин, изменения прочности древесины шпона сделаны следующие выводы:

- ✓ механическое уплотнение соснового шпона прокаткой листов между гладкими стальными вальцами нецелесообразно даже в пределах $\eta=0 \dots 10\%$ из – за очевидного снижения предела сопротивления растяжения материала (при $\eta=30\%$, R_p^{\parallel} снижается на 30%);

✓ уплотнение пластичного осинового шпона увеличивает R_{II}^{\parallel} максимально на 15-20% (при $\eta=20\%$).

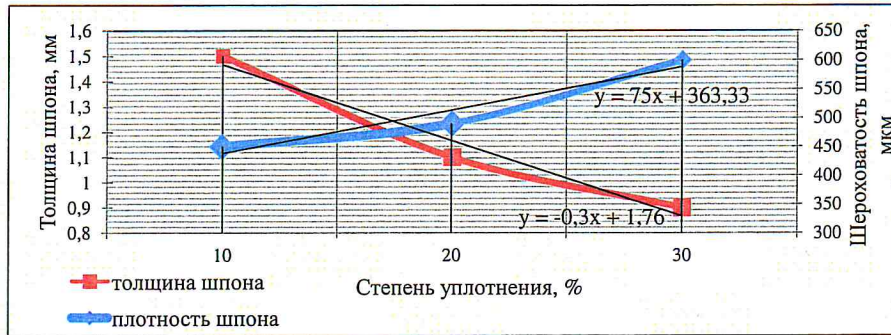


Рисунок 7 - Зависимость степени уплотнения от свойств осинового шпона

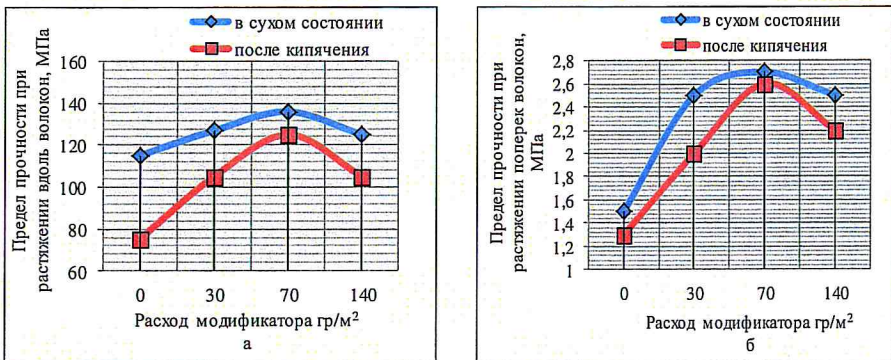


Рисунок 8 - Зависимость предела прочности при растяжении шпона от количества резинового модификатора: а-вдоль волокон; б-поперек волокон.

Проведенные исследования показали, что оптимальное количество композитного раствора 70 гр/м², а сохранение прочности сохраняется лучше при глубине проникновения 0,5 мм.

Во второй серии экспериментов исследовалось влияние уплотненного шпона на прочность клеевых соединений. По результатам проведенного анализа экспериментальных сделаны следующие выводы:

Использование мягкоколиственного шпона в комбинации с сосновым, имеющим шероховатость в 2-2,5 раза больше и трех-четырех кратное превышение глубины трещин на поверхности, позволяет повысить прочность КСФ в указанных комбинациях на 15-20%. Это обусловлено тем, что при контакте неровных поверхностей и относительно тонкой клеевой прослойке соединение имеет параметры, близкие к относительным (небольшая толщина и непрерывность клеевого слоя, достаточная, но избыточная глубина проникновения клея в древесину, хорошая смачиваемость поверхностей и др.) дополнительный эффект упрочнения создает взаимопроникновение шпона в зоне контактных поверхностей в силу имеющихся неровностей, разрушений поверхностной структуры шпона (микротрещины), неодинаковой плотности древе-

сины разных пород и сосны в пределах каждого годового кольца. Вследствие этого, можно считать, что искусственно увеличивается площадь контакта поверхностей и самого клеевого их соединения по типу «зубчатое».

Влияние предварительного уплотнения осинового шпона перед склеиванием комбинированных пакетов шпона оказывается умеренно значительным в плане повышения прочности КСФ (до 18-20%). Однако, сопутствующий эффект проявляется достоверно и положительно – расход клея потребляется на 15-20% меньше, чем в базовом варианте, а его перенос с одного листа на другой (смежный) осуществляется более качественно. Это также будет способствовать уменьшению количества дефектов в фанере и снижению внутренних напряжений в ней при известных эксплуатационных воздействиях на материал (увлажнение, высыхания, изгибающих нагрузок и др.)

В третьей серии экспериментов показано влияние модификации шпона эластомером на прочность клеевых соединений в зависимости от глубины проникновения и количества вводимого в шпон модификатора (рис.10).

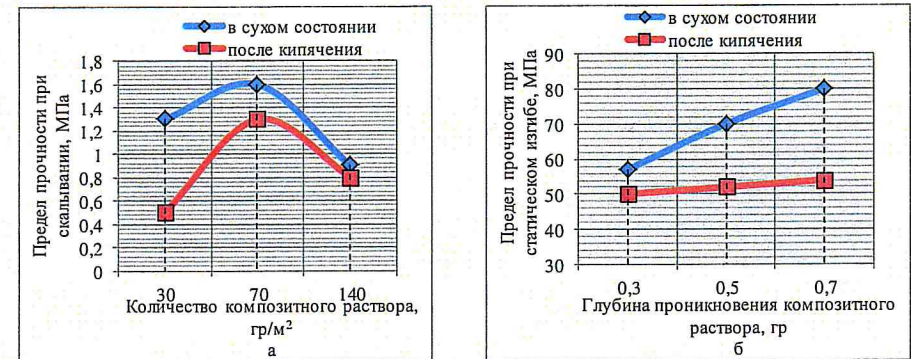


Рисунок 10 - Зависимость прочности фанеры от количества модификатора и глубины пропитки: а - предел прочности при скалывании; б-предел прочности при статическом изгибе;

Проведенные исследования показали, что оптимальное количество композитного раствора 70 мл/м², а сохранение прочности сохраняется лучше при глубине проникновения 0,7 мм.

В связи с выявлением устойчивых положительных эффектов двух видов физико-механической модификации шпона проведена четвертая серия экспериментального исследования их совместного влияния на показатели прочности комбинированной строительной фанеры (КСФ). В экспериментах исследованы три вида пакетов (рис.11.)



Рисунок 11 - Схемы сборки экспериментальных пакетов для склеивания

Для производственных условий изготовления КСФ по совокупности выполненных исследований и лабораторных апробаций можно рекомендовать следующие условия и параметры режима склеивания:

- рабочее давление - 1,2 МПа;
- температура плит - 110-115⁰С;
- расход клея при модификации поверхности хвойного шпона эластомером 160 гр/м², при использовании в пакетах уплотненного осинового шпона (степень уплотнения-15-20%) 130 гр/м², при совмещении модификации и уплотнения 130 гр/м²;
- время выдержки пакетов в прессе под давлением - 6 мин;
- продолжительность снижения давления - 4 мин;
- расход модификатора (для хвойного шпона) - 70 гр/м².

Реализован многофакторный эксперимент, который позволил определить влияние расхода клея и эластомера, в зависимости от вида пакета на прочность склеивания при статическом изгибе, скалывании, а также модуль упругости при статическом изгибе вдоль волокон.

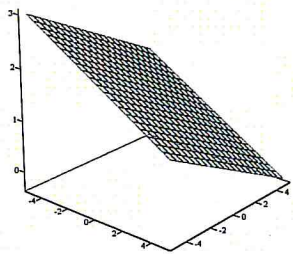


Рисунок 12- Зависимость предела прочности при скалывании строительной фанеры расхода эластомера и сочетания пород сосна - осина

$$\hat{y} = 1,36 - 0,18x_2 - 0,15x_3 + 0,15x_2x_3$$

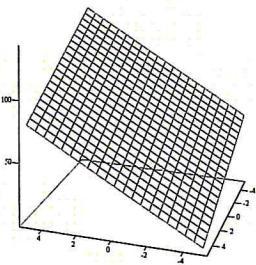


Рисунок 13- Зависимость модуля упругости КСФ от расхода клея и эластомера

$$\hat{y} = 7262 + 1074x_1 - 544x_2 + 965x_1x_2 + 1308x_2x_3$$

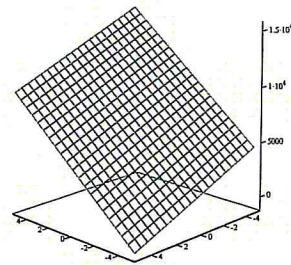


Рисунок 14- Зависимость предела прочности при статическом изгибе КСФ расхода клея и эластомера

$$\hat{y} = 69,5 + 7,9x_1 - 6,3x_2 - 5,8x_3 + 16,0x_1x_2$$

На всех графиках (рис. 12, 13, 14) прослеживается наличие четко выраженного максимума поверхностей отклика. Полученные зависимости доказывают, что благодаря модификации шпона может изменяться прочность фанеры. Исследования показывают, что оптимальное наличие осинового шпона в клееной фанере колеблется в районе 50%. При расходе клея в 130 гр/м² и эластомера в 70 гр/м² можно получить оптимальное клеевое соединение.

В пятой главе «Технологическая структура участка спецобработки шпона и технико-экономическое обоснование эффективности затрат на производство фанеры» показан технологический процесс участка спецобработки шпона для осуществления модернизации на производстве строительной фанеры. Доказана экономическая эффективность внедряемого варианта изготовления комбинированной строительной фанеры, с использованием модифицированного и уплотненного шпона. На основании оптимальных решений по уменьшению расхода клея и рациональному комплектованию пород шпона затраты на 1 руб. на 4 % ниже базового варианта. Годовой экономический эффект внедряемого варианта изготовления КСФ превысил аналогичное значение базового варианта более чем в 1,2 раза.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Прочностные и конструкционные характеристики, а также возможности физико-механической модификации шпона существенно зависят от микростроения древесины и ее структурных изменений вследствие технологических воздействий на материал при лущении, сушке, прессовании;
2. Замена в многослойных пакетах СФ определенной части шпона из древесины хвойных пород осиновым обеспечивает экономию хвойного сырья;
3. Предварительное уплотнение шпона из древесины мягколиственных пород возможно методом однократной валковой прокатки листов при условии обжима не превышающего 20-25%;
4. Уплотнение осинового шпона механическим способом увеличивает плотность древесины на 15-25%, при этом стабилизируется толщина шпона и уменьшается шероховатость;
5. Изменение структурно-анатомических свойств осинового шпона (уменьшение пористости) способствует уменьшению впитываемости жидких клеев с поверхности вглубь листов шпона на 35%;
6. При склеивании пакетов из уплотненного шпона давление на пакет следует уменьшить в 1,5-1,8 раза;
7. Модификация поверхности хвойного шпона эластомерами обеспечивает снижение влияния поверхностных микротрещин на прочность клеевых соединений на 18-20%, а также уменьшение нормы расхода фенолформальдегидного клея на 17-25%;
8. Взаимосвязь фенолформальдегидной смолы и резиновой композиции на основе хлоропренового каучука дает эластичное клеевое соединение, вследствие чего уменьшается старение клеевой прослойки, повышается виброустойчивость СФ и длительность срока ее эксплуатации в условиях климатических воздействий и знакопеременных нагрузок на конструкции;
9. Выполненные технико-экономические расчеты показали, что чистая прибыль от продажи комбинированной строительной фанеры с физико-механической модификацией шпона увеличится на 30 %.

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях: статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Царева (Агеева) Т.С. Повышение конструкционной надежности клеевых соединений строительной фанеры на основе применения эластомеров / Т.С. Царева, Ю.Б. Левинский // Вестник КрасГАУ, выпуск 11.- Красноярск: 2012. С. 198-202
2. Царева (Агеева) Т.С. Влияние дополнительной обработки шпона на качество комбинированной строительной фанеры / Т.С. Царева, Ю.Б. Левинский // Системы. Методы. Технологии. № 12.- Братск: 2012. С.92-96
3. Агеева Т.С. Влияние модификации шпона эластомерами на конструкционную надежность клеевых соединений / Т.С. Агеева, Ю.Б. Левинский // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/108-9019>
4. Агеева Т.С. Повышение эффективности склеивания на основе предварительного уплотнения шпона прокаткой / Т.С. Агеева, Ю.Б. Левинский // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. № 202.- Санкт-Петербург: 2013

публикации в других изданиях

5. Царёва (Агеева) Т.С. Возможности повышения технической эффективности строительной фанеры / Т.С. Царёва, Ю.Б. Левинский // Научное творчество молодежи лесному комплексу России, Материалы V всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов ч.1.- Екатеринбург, 2009. С.155-157