

В.Б.Сидоров
И.А.Сидоров

На правах рукописи

Залипаев Александр Анатольевич

ТЕХНОЛОГИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СКЛЕИВАНИЯ ХВОЙНОГО ШПОНА

05.21.05 – Древоисоведение, технология и оборудование
деревообработки

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург 2004

Диссертационная работа выполнена **на** кафедре технологии
деревообрабатывающих производств Санкт-Петербургской
Государственной лесотехнической академии.

Научный руководитель к.т.н., доцент Чубов А.Б.
Официальные оппоненты: д.т.н. В.В. Сергеевичев
к.т.н. Ю.И. Ветошкин

Ведущая организация ЗАО Центральный научно-исследовательский
институт фанеры

Защита состоится 22 июня 2004г. в 11 часов на заседании
диссертационного совета Д 212.220.03 в Санкт-Петербургской
Государственной лесотехнической академии (194021, Санкт-Петербург,
Институтский пер., 5, главное здание, зал заседаний).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке академии

Автореферат разослан «__» _____ 2004г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



Анисимов Г.М

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы Повышение конкурентоспособности фанеры возможно за счет расширения ассортимента фанерной продукции, повышение ее качества, экономичности процесса изготовления.

В настоящее время в России для изготовления фанеры наиболее широко используется древесина березы, реже применяются хвойные породы. Использование хвойной фанеры наиболее эффективно в строительстве, благодаря ее высокой биостойкости. Наиболее перспективной хвойной породой, с точки зрения запасов и свойств, для изготовления фанеры является лиственница. Истощение ресурсов березового сырья также приводит к необходимости более широкого промышленного потребления хвойных пород.

Склеивание шпона при изготовлении строительной фанеры марки ФСФ из древесины лиственницы с применением клеев на основе фенолоформальдегидных смол имеет специфические особенности. В условиях низкой паропроводности древесины хвойных пород выход парогазовой смеси, образующейся в пакете при температуре склеивания выше 100°C , затруднен. Это обстоятельство является причиной брака в результате расслоения фанеры. Применение высоких температур также приводит к слипанию листов фанеры в многолистном пакете плавящейся смолы.

Естественным путем решения этой проблемы является склеивание шпона при пониженной температуре - температуре, при которой не возникает избыточного парогазового давления внутри пакета ($92 - 98^{\circ}\text{C}$).

Склеивание в таких условиях позволит исключить брак от расслоения. Другим предполагаемым положительным эффектом склеивания при пониженной температуре является уменьшение упрессовки пакета. Техническим преимуществом при склеивании в таких условиях является упрощение гидросхемы и управления горячим прессом - отпадает необходимость медленного снижения давления в конце процесса склеивания.

Склеивание хвойного шпона при температуре $95 \pm 3^{\circ}\text{C}$, с использованием существующих клеев, ведет к увеличению продолжительности процесса, следовательно, к снижению производительности прессового оборудования. Для сохранения производительности прессы при использовании пониженных температур главной задачей является разработка клея высокой водостойкости и реакционной способности.

Таким образом, проблема ликвидации расслоений фанеры при склеивании хвойного шпона является актуальной и имеет значение для науки и практики.

Цель работы – повышение качества формирования клеевых соединений древесины, путем создания условий пониженного парогазообразования.

Научной новизной обладают:

- состав клеевой композиции для изготовления фанеры в соответствии с ГОСТ 3916.2 при температуре $95 \pm 3^\circ\text{C}$ по сокращенным режимам склеивания;
- математические модели процесса склеивания шпона при температуре $95 \pm 3^\circ\text{C}$, с применением разработанного клея;
- способ определения продолжительности склеивания слоистых материалов при пониженной температуре, позволяющий решить задачу с достаточной точностью при небольшом объеме экспериментов;

Научная новизна технологии изготовления фанеры с применением разработанного клея при пониженной температуре подтверждена патентом РФ на полезную модель № 33059 от 11.07.2003 г.

Научные положения, выносимые на защиту

1. Применение температуры склеивания ниже 100°C исключает возможность возникновения избыточного давления пара внутри пакета, приводящего к разрушению клеевых связей.
2. Увеличение количества реакционных групп в клеевой системе снижает её энергию активации и расширяет температурную область отверждения клея в направлении более низких температур.
3. Снижение температуры при склеивании пакета шпона уменьшает тепловую активацию и увеличивает межмолекулярное сцепление древесины, обеспечивая меньшее ее уплотнение.

Достоверность предположений и выводов подтверждается совпадением результатов теоретических и экспериментальных исследований. Полученные результаты теоретического исследования согласуются с положениями классической химии органических соединений и физической химии полимеров. Регрессионные модели достаточно точно воспроизводят описываемые явления, их адекватность подтверждается проверкой в соответствии с общепринятыми методиками.

Практическая значимость работы

- Исследованы технологические свойства разработанного клея и условия его применения в промышленности.
- Разработаны параметры условий и режимов и склеивания хвойного шпона с применением разработанной технологии.

Применение разработанных параметров условий и режимов склеивания шпона в производстве фанеры обеспечивают ряд преимуществ по сравнению с существующей технологией горячего склеивания:

- 1) исключается брак от расслоения фанеры;
- 2) снижается слипаемость многолистных пакетов плавящейся смолой;
- 3) увеличивается производительность пресса в среднем на 30 %;
- 4) снижается упрессовка пакетов в среднем на 6,7%;
- 5) снижаются затраты тепловой энергии;
- 6) упрощается гидравлическая схема и управление горячим прессом;

Место проведения

Работа выполнена на кафедре технологии деревообрабатывающих производств Санкт-Петербургской Государственной лесотехнической академии.

Апробация работы

Основные положения, разработанные в диссертации, отдельные ее разделы были рассмотрены на следующих конференциях:

- Научно-практический семинар «Эффективные клеевые материалы для строительных изделий из древесины», (Москва, 2002г);
- IV Всероссийская конференция по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования в технических университетах». (Санкт-Петербург, СПбГПУ, 2003.);

Публикации

По результатам исследований опубликовано 6 научных статей, получен 1 патент РФ на полезную модель.

Структура и объём работы Диссертация состоит из введения, шести разделов, заключения, библиографического списка из 83 наименований, содержит 136 страниц основного текста, 28 рисунков, 40 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, раскрыта научная новизна работы, ее значимость для науки и практики. Содержатся данные о месте проведения и апробации работы, структуре и объёме диссертации.

Первый раздел посвящен анализу проблем, возникающих при склеивании хвойного шпона в производстве фанеры и путях их решения. Склеивание хвойного шпона с применением фенолоформальдегидных смол осуществляют при температуре 110 – 130°С. Высокая температура является причиной расслоения фанеры, вследствие наличия высокого парогазового давления внутри пакета, а также слипания фанеры при склеивании многолистовыми пакетами плавящейся смолой. Для

ликвидации брака по указанной причине необходимо склеивать при температуре ниже 100°C или применять холодный способ склеивания. Применение холодного способа склеивания ограничено специфичностью оборудования и низкой производительностью. Склеивание шпона при температуре ниже 100°C при использовании однокомпонентных фенолоформальдегидных смол, очевидно, приведет к существенному снижению производительности горячего пресса. Для ускорения отверждения таких смол необходимо применять катализаторы.

Проведен анализ и установлены катализаторы, которые при взаимодействии с фенолоформальдегидной смолой могут увеличить ее реакционную способность.

Сделан вывод о том, что при склеивании в условиях пониженных температур изменяться как параметры процесса – расход клея, давление на пакет, продолжительность склеивания, так и ряд сопутствующих выходных параметров – величина упрессовки пакетов и конечная влажность фанеры, определяющих экономичность процесса и соответствие фанеры требованиям существующих стандартов.

По результатам аналитического обзора поставлены основные задачи исследований, решением которых достигается цель работы:

1. Выявить основные закономерности отверждения фенолоформальдегидных смол
2. Обосновать вид катализаторов для отверждения фенолоформальдегидной смолы в условиях пониженных температур.
3. Обосновать марку ФФС для склеивания шпона в условиях пониженной температуры.
4. Разработать рациональную рецептуру клеевой композиции, обладающую высокой реакционной способностью.
5. Установить технологические свойства разработанного клея.
6. Установить эффективность действия модификатора при отверждении клея.
7. Разработать математическую модель процесса склеивания шпона при пониженной температуре.
8. Установить продолжительность склеивания пакетов шпона различной толщины при температуре $95 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
9. Установить рациональные наборы пакетов шпона для изготовления фанеры толщин по ГОСТ 3916.2.
10. Рассчитать экономическую эффективность разработки.

Во втором разделе «Механизм отверждения фенолоформальдегидных смол и обоснование катализаторов процесса отверждения при низких температурах» рассматривается механизм отверждения однокомпонентных фенолоформальдегидных смол. На основании известных закономерностей образования пространственных сеток полимера рассмотрен механизм отверждения фенолоформальдегидных смол под действием различных отвердителей. Обоснована группа отвердителей-модификаторов (резорцин, параформ, двуххромовокислый натрий и карбамид), наиболее эффективно влияющих на процесс отверждения фенольного полимера. На основании анализа процесса отверждения установлено, что бихромат натрия способствует ходу окислительно-восстановительной реакции и ускорению процесса отверждения ФФС. Карбамид при взаимодействии с параформом способен создавать реакционно-способные группы CH_2OH . Резорцин, благодаря своей активности способен создавать большое число химически активных точек контакта. Увеличение количества реакционно-способных групп в системе снижает энергию её активации. В этом случае необходима меньшая температура для начала процесса поликонденсации клея.

Данные теоретические предположения о взаимодействии приведенных веществ были положены в основу создания клея высокой реакционной способности.

В третьем разделе «Общие методические положения» рассматриваются направления исследований, методика проведения экспериментов и обработки их результатов, приводятся характеристики используемых материалов, методов и средств измерения, применяемого оборудования и приборов.

Для определения условной вязкости, рабочей жизнеспособности, смачивающей способности, снятия дериватограмм клеев использовались стандартные методики.

Для определения продолжительности желатинизации клеевых материалов при температуре ниже 100°C разработан экспериментальный прибор марки ПРС-100. Прибор состоит из емкости с водой, электроконтактного термометра, термостата, нагревателя и мешалки. Точность поддержания температуры $\pm 0,3^\circ\text{C}$.

В основу определения продолжительности склеивания пакетов различной толщины был положен расчетно-графический метод А.Н.Михайлова. Отверждение клея в нагреваемом пакете происходит при переменной температуре. Каждая температура, которую проходит клеевой

слой в процессе нагрева вносит некоторый вклад в общий процесс отверждения, равный отношению времени действия этой температуры Δt_n к времени, за которое при данной температуре происходит отверждение клея T_n . Процесс отверждения считается законченным когда сумма вкладов отношений $\Delta t_n / T_n = 1$.

Отличительной особенностью примененного способа является использование кривой продолжительности желатинизации клея (в интервале температур 60 - 95°C) взамен кривой отверждения клея. Это позволило сократить диапазон поиска значений необходимой продолжительности склеивания пакетов разной толщины и, уменьшить количество экспериментов.

Выходными параметрами для оценки процесса склеивания приняты предел прочности при скалывании (по ГОСТ 9624), величина влажности фанеры и упрессовки пакетов.

В четвертом разделе «Разработка состава клеевой композиции и исследование ее свойств» обосновывается марка фенолоформальдегидной смолы, разрабатывается клеевая композиция и исследуются ее свойства.

В качестве критерия выбора смолы конкретной марки принята ее реакционная способность в диапазоне температур 90 - 98°C, рис.1

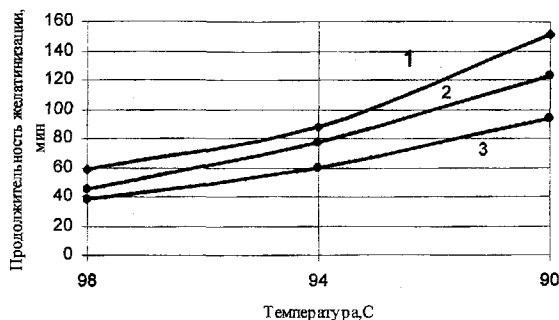


Рис.1 Зависимость продолжительности желатинизации смол от температуры

- 1 – смола фенолоформальдегидная марки СФЖ-3093
- 2 – смола диановая марки СДЖ-Н
- 3 – смола фенолоформальдегидная марки СФЖ-3014

На основании полученных результатов для проведения дальнейших исследований была принята смола марки СФЖ-3014. Смола этой марки освоена производством и находит широкое применение при производстве фанеры марки ФСФ.

Оптимизацию компонентов клея (резорцин, параформ, комбинированный отвердитель) производили в 2 этапа. На первом этапе, с помощью симплекс метода, определяли количество резорцина и параформа в составе смеси. Установлен, что продолжительность его желатинизации составляет 6,5 мин. Однако, вязкость клея не отвечает требованиям, предъявляемым к клеям для склеивания шпона в производстве фанеры.

Для снижения вязкости клея с целью изыскания возможности дальнейшего увеличения его реакционной способности на втором этапе исследования вводили водный раствор бихромата натрия и карбамида (комбинированный отвердитель). Комбинированный отвердитель имеет следующий состав, мас.ч: натрий двухромовокислый – 13, карбамид – 13, вода – 70. В результате исследований был определен оптимальный состав клея:

- смола фенолоформальдегидная

марки СФЖ-3014

100 мас.ч;

- резорцин

2,94 мас.ч;

- параформ

6,41 мас.ч;

- комбинированный отвердитель

15 мас.ч;

Стабильность вязкости клеевой композиции имеет важное значение с точки зрения продолжительности использования клеи и постоянства его расхода, рис 2.

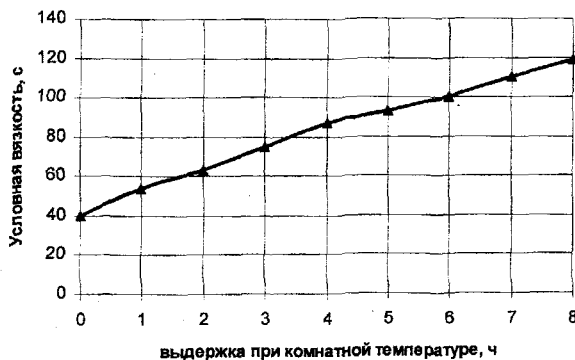


Рис.2 Изменение вязкости клея с течением времени

Установлена продолжительность стабилизации свойств клея и последующей стабильности его с момента его приготовления до начала использования. В качестве критериев приняты: вязкость клея, определяющая продолжительность его использования, продолжительность его желатинизации, характеризующая время склеивания и смачивающая способность, характеризующая адгезионные свойства клея.

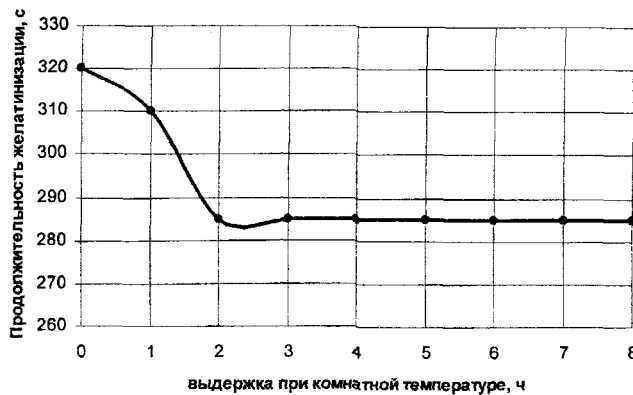


Рис. 3 Изменение продолжительности желатинизации клея с течением времени

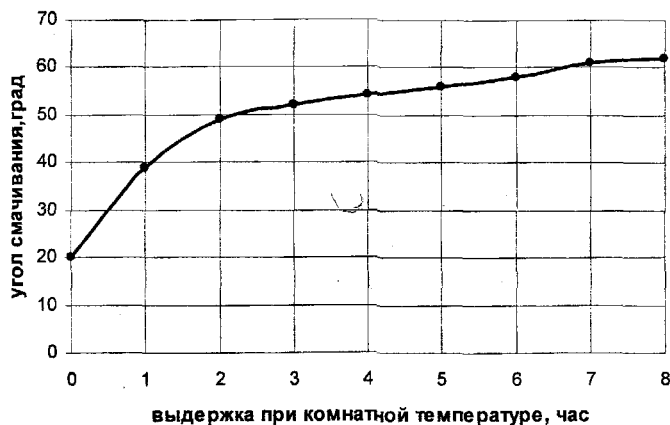


Рис.4 Изменение угла смачивания с течением времени

Из рис 2 – 4 следует, что технологические свойства разработанного клея приемлемы для его применения в производственных условиях. Продолжительность стабилизации свойств клея – 2 часа, время использования 6 часов. Об этом свидетельствуют зависимости продолжительности желатинизации и краевого угла смачивания от времени.

Для оценки эффективности действия модификатора в составе клея при его отверждении, и её качественной оценки применен дифференциально-термический метод анализа.

Анализ дериватограмм показал, что введение отверждающей композиции расширяет температурную область отверждения клеев. Начало процесса смещается в область низких температур на 15 - 20°C. Скорость потери массы у разработанного клея в условиях неизотермического нагревания выше, отверждение происходит значительно интенсивнее. Из этого следует, что температура отверждения разработанного состава клея ниже, чем температура отверждения смолы.

В пятом разделе «Обоснование параметров и условий склеивания шпона при пониженной температуре» разработаны математические модели процесса склеивания шпона при пониженной температуре установлены: необходимая продолжительность склеивания пакетов разной толщины, параметры условий и режима склеивания, разработаны рациональные наборы пакетов шпона.

Для описания процесса склеивания шпона при температуре $95 \pm 3^\circ\text{C}$ реализован план полного факторного эксперимента для 4 переменных факторов и получены уравнения регрессии. Переменные факторы приведены табл.1

Таблица 1

Переменные факторы

Факторы	Ед. изм.	Нижний уровень	Верхний уровень	Обозначения	
				В код. виде	В нат. виде
1. Расход клея	г/м ²	140	170	X ₁	Q
2. Давление на 1 этапе	МПа	1,2	1,9	X ₂	P ₁
3. Давление на 2 этапе	МПа	0,6	1,2	X ₃	P ₂
4. Продолжительность 1 этапа	%	40	70	X ₄	T ₁

В качестве постоянных факторов приняты: толщина пакета 17,5 мм, слойность пакета – 5, разработанный рецепт клея, температура плит прессы $95 \pm 3^\circ\text{C}$, продолжительность подпрессовывания пакетов – 10 мин, давление подпрессовывания – 1,0МПа, продолжительность склеивания (в соответствии с толщиной пакета) – 16,1 мин.

Уравнения регрессии в кодированном (натуральном) виде:

1. Предел прочности при скалывании, МПа

$$\tau_{\text{ск}} = 1,91 + 0,14X_2 + 0,07X_3 + 0,04X_4$$

$$(\tau_{\text{ск}} = 0,944 + 0,4P_1 + 0,237P_2 + 0,003T_1)$$

2. Упрессовка пакетов, %.

$$Y \approx 11,15 + 0,18X_1 + 2,65X_2 + 0,5X_3 + 0,74X_4$$

$$(Y = -6.65 + 0.012Q + 7.57P_1 + 1.66P_2 + 0.05T_1)$$

3. Влажность фанеры, %

$$W = 10.2 + 0.715X_1 + 0.075X_2 + 0.075X_3 + 0.015X_4$$

$$(W = 2.2 + 0.05Q + 0.21P_1 + 0.25P_2 + 0.001T_1)$$

Нижний уровень значений переменных факторов обеспечивает предел прочности при скалывании – 1,68МПа, упрессовку – 7,11%, влажность – 9,23%. Уже при этих условиях фанера соответствует требованиям ГОСТ3916.2, при минимальном значении упрессовки. Реализация плана ПФЭ показала, что предел прочности при скалывании по клеевому слою превышает минимально допустимый, с учетом доверительной вероятности, более чем на 60%.

Согласно методу, разработанному А.Н.Михайловым, продолжительность склеивания устанавливается с использованием зависимостей изменения температуры при нагреве в зоне продольной оси симметрии пакета у его кромки и зависимости времени отверждения клея от действующей на него постоянной температуры.

Получение второй зависимости затруднительно, ввиду сложности и большой трудоемкости методики. На этом основании было принято решение установить ориентировочную продолжительность склеивания, и, таким образом, сократить диапазон исследовательской области. Для этого, определены зависимости продолжительности желатинизации клея от температуры в интервале 60 - 95°C и кинетика нагрева пакетов различной толщины, рис.5,6.

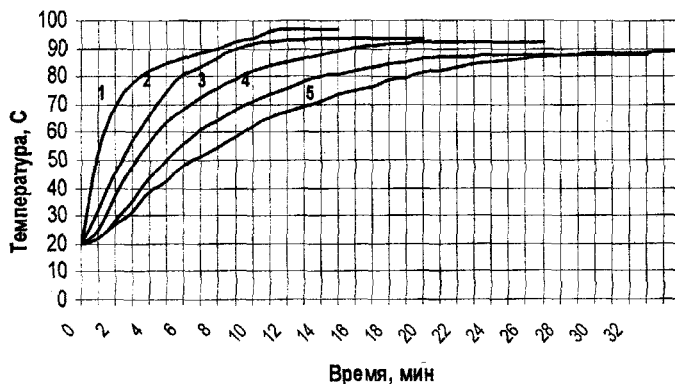


Рис. 5. Кинетика нагрева пакетов шпона различной толщины
1. 12,5 мм; 2. 17,5 мм; 3. 22,5 мм; 4. 27,5 мм; 5. 32,5 мм

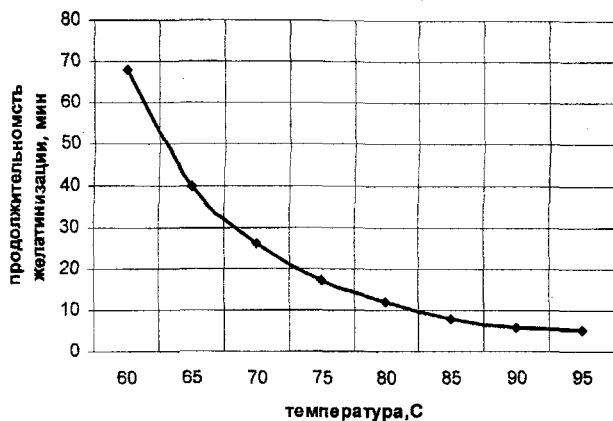


Рис. 6. Зависимость продолжительности желатинизации клея от температуры

Используя полученные зависимости, графоаналитическим путем определили ориентировочное значение минимально необходимой продолжительности склеивания для пакетов разной толщины. В качестве максимальных предельных значений продолжительности склеивания приняты значения, установленные в инструкциях ЦНИИФ. Эксперименты по установлению необходимой продолжительности склеивания, обеспечивающей требуемую по ГОСТ 3916.2 прочность фанеры было решено начать с середины, найденных временных интервалов. Дальнейшие эксперименты в пределах этих интервалов осуществлялось по результатам каждого предыдущего опыта.

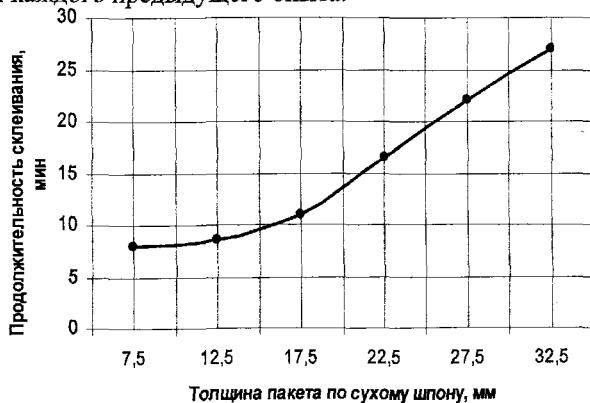


Рис.7 Зависимость продолжительности склеивания от толщины пакета

В результате проведения экспериментов получена зависимость продолжительности склеивания пакетов от их толщины, рис.7

Экспериментально полученные значения продолжительности склеивания пакетов различной толщины оказались меньше ориентировочно определенных графоаналитически. Выход значений за нижнюю границу временных интервалов для всех толщин составил 2 мин. Причиной несоответствия расчетных и экспериментальных значений является то, что условия отверждения клея в пробирке и клеевом слое по методу А.Н.Михайлова различны (толщина, условия нагрева, равномерность распределения температуры). В то же время, принятый подход к определению продолжительности склеивания позволил решить эту задачу с приемлемой точностью при небольшом объеме экспериментов.

Значения полученной продолжительности склеивания пакетов меньше, чем продолжительность склеивания в соответствии с существующей технологией. Сокращение продолжительности склеивания определяет меньшее уплотнение древесины. Зависимость величины упрессовки от толщины пакетов приведено на рис.8

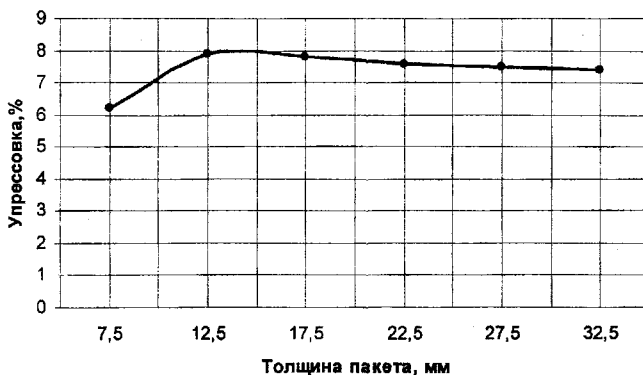


Рис.8 Зависимость величины упрессовки от толщины пакета

Величина упрессовки пакетов в значительной степени влияет на точность изготовления фанеры по толщине. Для разработки рациональных наборов пакетов, учитывающих полученные значения упрессовки использована методика и пакет программ «Optim», разработанный в Санкт-Петербургской Государственной лесотехнической академии. Для расчета минимально возможной, но не выходящей за пределы допуска толщины готовой фанеры, использовалась формула:

$$S_n = \frac{S_\phi - \Delta\phi + 0,12\sqrt{S_1^2 \cdot n + S_2^2 \cdot m}}{\left(1 - \frac{y}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{u}{100}\right)}, \text{ мм} \quad (1)$$

где

S_ϕ – толщина фанеры, мм;

$\Delta\phi$ – нижнее предельное отклонение толщины фанеры от номинального значения, мм;

S_1, S_2 – толщины шпона, из которых формируют пакет, мм;

n, m – число слоёв шпона толщиной S_1 и S_2 в пакете соответственно;

y – фактическая упрессовка фанеры, %;

u – фактическая усушка шпона, %;

Величина усушки шпона определяясь по формуле:

$$U_i = (6 - 0,4W_k^{0,8})K, \quad (2)$$

где W_k – конечная влажность шпона, %;

K – поправочный коэффициент, учитывающий толщину шпона,

($K = 1,21 - 0,14 \cdot S$);

Критериями рациональности конструкции фанеры приняты следующие положения:

- минимальное количество слоёв шпона в пакете;
- минимальное количество толщин шпона в пакете (одна или две);
- при использовании шпона различных толщин, более тонкий шпон используется для наружных слоёв (лицевой и оборотный). Во внутренних слоях желательно чередовать более толстый и более тонкий листы шпона для повышения прочности их склеивания;
- листы шпона одной породы и различной толщины должны отличаться визуально, т.е. разность толщин шпона должна быть не менее 0,3 мм;
- при сборке пакетов клей должен наноситься на шпон одной толщины;

При всем указанном, должна соблюдаться симметричность пакета, относительно его оси, по толщинам шпона.

В результате использования пакета прикладных программ установлено, что для набора пакетов для всех толщин фанеры по ГОСТ 3916 можно применить 2 толщины шпона 2,3 и 3,4 мм.

По установленной нами зависимости продолжительности склеивания пакетов от их толщины (рис.7), методом интерполяции, определяли необходимую продолжительность склеивания пакетов для изготовления фанеры толщин в соответствии с ГОСТ3916.2

Установлено, что продолжительность склеивания пакетов при изготовлении фанеры по ГОСТ3916.2 меньше, чем рекомендованная инструкциями ЦНИИФ в среднем на 30%.

В результате проведения экспериментальных исследований установлены рациональные параметры условий и режимы склеивания фанеры из древесины лиственницы при пониженной температуре: давление склеивания на первом этапе – 1,2МПа, на втором этапе – 0,6МПа, продолжительность действия первого этапа давления – 40% от общей продолжительности склеивания, расход клея 140 – 150 г/м².

При изготовлении большеформатной фанеры и использовании шпона с максимальной (по ГОСТ99-96) шероховатостью параметры давления и расхода клея требуют уточнения.

В шестом разделе приведен расчет суммарного годового экономического эффекта (в ценах 2003 г) от использования разработанной технологии, который составил 6133,41тыс.руб.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Переход полимера в неплавкое и нерастворимое состояние, в значительной степени определяется реакциями окислительно-восстановительного характера, происходящих на последних этапах процесса отверждения. Установлено, что при отверждении фенолоформальдегидной смолы происходит образование дифенилметановых группировок, отщепление формальдегида и воды.
2. Применение в качестве отвердителя группы веществ (резорцин, параформ, *комбинированный отвердитель*) обеспечивает наиболее интенсивное сокращение продолжительности отверждения фенолоформальдегидных смол. Резорцин, благодаря своей активности способен создавать большое число химически активных точек контакта. Взаимодействие параформа с компонентами комбинированного отвердителя создает реакционно-способные группы CH_2OH . Протекание реакции окислительно-восстановительного характера способствует ускорению отверждения такого клея и образованию полимера пространственной структуры.
3. Для склеивания шпона в условиях пониженных температур целесообразно использовать фенолоформальдегидную смолу марки СФЖ-3014, обладающую стабильными физико-химическими свойствами и высокой реакционной способностью в температурном диапазоне 90 - 98°C в сравнении с аналогами.

4. Реакционная способность разработанного клея при 95°C выше, чем реакционная способность базового компонента клея (смола марки СФЖ-3014) в 8 раз.

Разработан клей, следующего состава:

- смола фенолоформальдегидная марки СФЖ-3014	100 мас.ч;
- резорцин (ГОСТ 9970-74)	2,94 мас.ч;
- параформ (ТУ 6-09-11-2053-87)	6,41 мас.ч;
- комбинированный отвердитель	15 мас.ч;

5. Продолжительность стабилизации свойств клея – 2 часа, что подтверждается полученной зависимостью продолжительности желатинизации клея от времени и динамикой угла смачивания. Время использования клея – 6 часов, что является приемлемым для его применения в производственных условиях.
6. При отверждении клея в температурном диапазоне 80 - 95°C возникают химические реакции экзотермического характера, тем самым расширяется температурная область отверждения фенолоформальдегидной смолы на 15 - 20°C, что подтверждается дифференциально-термическим и термогравиметрическим методами исследования.
7. Разработанные математические модели адекватно описывают процесс склеивания листовенного шпона при температуре $95 \pm 3^\circ\text{C}$ и позволяют выявить степень влияния факторов на процесс. На прочность и упрессовку фанеры существенное влияние оказывает давление прессования на 1 и 2 этапе. Влажность фанеры в значительной степени определяется расходом клея.
8. Разработанные рациональные параметры условий и режима склеивания шпона при пониженной температуре не требуют замены технологического оборудования и позволяют снизить на расход клея на 14%, упрессовку - в среднем на 6,7%, продолжительность - на 30%.
9. Разработанные рациональные наборы пакетов шпона и режимы его склеивания позволяют получать фанеру, отвечающую требованиям ГОСТ 3916.2. Применение 2 толщин шпона (2,3 и 3,4 мм) при использовании разработанной технологии склеивания позволяют изготавливать фанеру в соответствии с ГОСТ 3916.2
10. Экономический эффект от использования разработанной технологии составляет 375 руб на 1 м^3 фанеры.

На основании сделанных выводов можно рекомендовать применение разработанной технологии низкотемпературного склеивания хвойного шпона для изготовления фанеры из древесины как хвойных, так и лиственных пород.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Кондратьев В.П., Александрова Н.Д., Чубов А.Б., Залипаев А.А. Совершенствование феноло- и карбаминоформальдегидных клеев для производства березовой и лиственничной фанеры // Деревообрабатывающая промышленность. – 2003, №4. – С.2 – 6.
2. Залипаев А.А., В.П. Кондратьев (ЦНИИФ), А.Б. Чубов. Клей на основе фенолоформальдегидной смолы для склеивания хвойного шпона.
Научно-практический семинар «Эффективные клеевые материалы для строительных изделий из древесины». Материалы семинара. – Москва, 2002, 50 с.
3. Чубов А.Б., Залипаев А.А. Технология склеивания шпона в производстве фанеры при пониженной температуре./ Материалы IV Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования в технических университетах». Санкт-Петербург, СПбГГТУ, 2003. С.270-271.
4. Чубов А.Б., Залипаев А.А. Решение проблемы склеивания хвойного шпона // Естественные и технические науки. – 2003, №4. – С.114 – 117.
5. Чубов А.Б., Залипаев А.А. Отверждение фенолоформальдегидной смолы при пониженной температуре // Аспирант и соискатель. – 2003, №5. – С.244 – 247.
6. Залипаев А.А. Изготовление фанеры из древесины лиственницы при пониженной температуре // Ежегодный сборник докладов молодых ученых СПбГЛТА. 2003. Вып. 7. С 59 – 64.
7. Патент на полезную модель РФ №33059 от 11.03.2003
«Технологическая линия производства клееных материалов»

Просим принять участие в работе диссертационного Совета Д.212.220.03 или прислать Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями по адресу: 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5, Санкт-Петербургская Государственная лесотехническая академия, Ученый совет.