

На правах рукописи



**Хоссейни Сейедех Захра**

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ  
ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ДЛЯ ОТДЕЛКИ**

**05.21.05 – «Древесиноведение, технология и оборудование  
деревопереработки»**

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

**Санкт-Петербург – 2017**

Диссертационная работа выполнена в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»

Научный руководитель

Васильев Виктор Владимирович,  
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Угрюмов Сергей Алексеевич,  
доктор технических наук, профессор кафедры  
деревообрабатывающих производств ФГБОУ  
ВО «Поволжский государственный технологи-  
ческий университет»

Ищенко Татьяна Леонидовна,  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
механической технологии древесины ФГБОУ  
ВО «Воронежский государственный лесотех-  
нический университет имени Г.Ф. Морозова»

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образо-  
вания «Уральский государственный лесотехни-  
ческий университет»

Защита диссертации состоится 21 сентября 2017 г. в 11:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.220.03 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» по адресу: 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5, главное здание, зал заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» по адресу: 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5, главное здание и на сайте <http://spbftu.ru/science/sovets/D21222003/dis03/>.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор технических наук, профессор

 Алексей Романович Бирман

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования** За последние 15 лет в Российской Федерации сформировалась развитая подотрасль древесных плит. В 2015 году производство древесностружечных плит (ДСП) достигло уровня 6,8 млн. м<sup>3</sup> при среднегодовых темпах роста выпуска 7,5 %, а производство древесноволокнистых плит средней плотности (MDF) или плит моноструктурных волокнистых (ПМВ) составило 304,9 млн. м<sup>2</sup> (около 2,0 млн. м<sup>3</sup>) при среднегодовых темпах роста выпуска 38,7 %. Интенсивное развитие объясняется широким использованием древесных плит в мебельном производстве, строительстве и других сферах. Они хорошо подвергаются механической обработке и отделке.

Основная масса производимых древесных плит потребляется мебельной промышленностью: до 90 % древесностружечных плит и до 60 % плит ПМВ. Показатели их качества должны соответствовать требованиям мебельного производства, и в первую очередь условиям отделки, поскольку практически все плиты применяются в отделанном виде.

Плиты мебельного назначения отделывают в основном лакокрасочными и пленочными материалами, которые закрепляют на поверхности плиты с помощью клея. Расход жидких лакокрасочных материалов (ЛКМ) и клеев составляет 90...150 г/м<sup>2</sup> поверхности пласти плиты. Бумажно-смоляные пленки для ламинирования изготавливают путем пропитки бумаг массой 60...100 г/м<sup>2</sup> растворами синтетических смол, содержание которых после сушки находится на уровне 90...150 г/м<sup>2</sup> пленки.

Актуальной задачей является сокращение расхода жидких отделочных материалов при сохранении качества образующихся покрытий. Процесс образования покрытия состоит из нескольких стадий после нанесения лакокрасочного материала или клея на поверхность плиты: смачивание и растекание жидкости по поверхности подложки, впитывание жидкости поверхностным слоем плиты, образование адгезионного взаимодействия, отверждение пленкообразователя отделочного материала. На каждый из этих процессов оказывает влияние природа покрываемой поверхности. Таким образом, формирование защитно-декоративных покрытий в системе твердое тело – жидкость в значительной мере определяется физико-химическими свойствами поверхности подложки из древесной плиты.

В комплекс физико-химических свойств поверхности подложки, оказывающих решающее влияние на расход отделочных материалов и качество образующихся покрытий, входят такие показатели, как рецептурный состав, однородность структуры, шероховатость, смачивающая и впитывающая способности, кислотность, плотность и прочность поверхности древесных плит.

Все они могут изменяться в процессе изготовления плит путем регулирования технологических факторов производства плит или путем создания специальных технологий.

Сравнение показателей качества поверхности плит показывает, что ДСП уступают плитам ПМВ по таким важным физическим и физико-механическим свойствам как однородность структуры, плотность и прочность. Учитывая это обстоятельство и то, что древесностружечные плиты являются более массовым листовым материалом, применяемым в мебельном производстве, более рационально в настоящий момент заниматься повышением качества поверхности ДСП.

Системное решение научных и практических задач, связанных с повышением качества поверхности ДСП для отделки, является актуальным и позволит разработать технологии производства плит нового поколения.

**Степень проработки темы исследования** Процессы формирования физико-химических свойств поверхности древесностружечных плит и разработку технологий производства плит с улучшенными показателями шероховатости, плотности, прочности, гидрофобности и кислотности прорабатывали российские и зарубежные ученые Г.М. Шварцман, Д.А. Щедро, А.А. Эльберт, А.М. Завражнов, А.А. Семенов, В.В. Васильев, S.M. Hafezi, K. Doost Hosseini, M. Baharoglu, H. R. Taghiyari, O. Farajpour Bibalan.

**Целью работы** является разработка научных основ улучшения физико-химических свойств поверхности древесностружечных плит для отделки.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- рейтинговая оценка показателей качества поверхности древесных плит для отделки;
- исследование процесса впитывания жидкости поверхностью древесных плит;
- исследование физико-механических и физико-химических свойств поверхности промышленных древесных плит;
- исследование влияния технологических факторов производства древесностружечных плит на физико-механические и физико-химические свойства их поверхности;
- исследование и разработка технологий изготовления древесностружечных плит с улучшенным качеством поверхности.

#### **Научная новизна работы**

1. Обосновано использование следующих дополнительных показателей для оценки пригодности древесных плит для отделки: «Плотность поверхностного слоя плиты», «Впитываемость жидкости поверхностным слоем плиты», «Разбухание наружного слоя», «рН наружного слоя» и «Упрессовка дре-

весных плит при ламинировании», которые не учитываются в настоящее время российскими нормативными документами.

2. Исследована кинетика процесса впитывания жидкости поверхностью древесностружечных плит и древесноволокнистых плит средней плотности как функция полярности растворителя. Установлено, что скорость впитывания толуола зависит преимущественно от величины средней плотности краевых зон поверхностного слоя плиты, то есть от пористости ее поверхности, а воды – от наличия в наружных слоях плит веществ с высоким значением краевого угла смачивания.

3. Установлен преимущественный механизм поглощения жидкости в зависимости от плотности поверхностного слоя ДСП. При плотности менее  $500 \text{ кг/м}^3$  поглощение жидкости происходит в основном по межстружечным пространствам с высокой скоростью, при плотности выше  $500 \text{ кг/м}^3$  – преимущественно по капиллярам древесины с пониженной скоростью.

4. Идентифицирована полоса с пиком химического сдвига 150 м. д. на спектрах ЯМР  $^{13}\text{C}$  в твердом теле материалов, снятых с поверхности ДСП, а также древесной микростружки, со структурной фенилпропановой единицей лигнина, характерной для лиственной древесины, что дало возможность сказать о стабильности лигнина в древесных частицах при термическом воздействии в процессе горячего прессования плит.

5. Установлено, что ухудшение физико-механических показателей поверхности ДСП при повышении температуры прессования от 180 до 240 °С обусловлено разрушением карбамидоформальдегидного полимера (КФП) наружных слоев плит путем снижения в 2 раза содержания метиленовых групп  $-\text{CH}_2-$  и карбонильных групп  $\text{C}=\text{O}$ . Древесный комплекс частиц наружных слоев практически не претерпевает изменений.

**Теоретическая значимость работы** Развита представления о процессе впитывания жидкостей с разной полярностью поверхностью древесных плит, о стабильности древесного комплекса и превращениях карбамидоформальдегидного полимера наружных слоев ДСП при горячем прессовании плит и о влиянии основных технологических факторов производства древесностружечных плит на формирование физико-химических свойств их поверхности.

#### **Практическая значимость работы**

1. Предложена методика определения пригодности поверхности древесных плит для отделки путем анализа поглощения воды плитой.

2. Определены оптимальные значения основных технологических факторов производства ДСП, оказывающих влияние на формирование показателей качества их поверхности: плотность ДСП, доля наружного слоя, влажность стружки наружного слоя, температура прессования плит, содержание связующего в наружном слое, содержание парафина в наружном слое.

3. Разработана технология изготовления ДСП с улучшенным качеством поверхности путем использования для наружных слоев мелких частиц древесной коры, что дополнительно обеспечивает расширение сырьевой базы для производства плит и утилизацию крупнотоннажного отхода деревообрабатывающей промышленности.

Разработана технология изготовления ДСП с улучшенным качеством поверхности с наружными слоями из микростружки, модифицированной раствором гидроксида натрия.

Реализация предлагаемых технологий открывает возможность снижения себестоимости производства ДСП и сокращение расхода жидких отделочных материалов на 20...40 %.

**Методология и методы исследования** При проведении исследований применяли комплексную систему стандартных, модифицированных и оригинальных методов исследования физических, физико-механических, физико-химических и химических свойств сырья, материалов и готовой продукции. Применены также современные аналитические методы: твердотельный ЯМР и ИК-спектроскопия. Зависимости между исследуемыми показателями описаны математическими уравнениями.

#### **Положения, выносимые на защиту**

1. Показатели поверхности древесных плит, которые важны для отделки, но не учитываются в настоящее время российскими нормативными документами.

2. Процесс впитывания жидкостей с разной полярностью поверхностью древесных плит.

3. Методика определения впитываемости воды поверхностью древесных плит.

4. Характеристика свойств поверхности промышленных древесноволокнистых плит средней плотности и древесностружечных плит различных типов.

5. Свойства ДСП, изготовленных при изменении следующих технологических параметров: плотность плиты, доля наружного слоя, влажность стружки наружного слоя, температура прессования плит, содержание связующего в наружном слое, содержание парафина в наружном слое.

6. Технологический процесс производства ДСП с наружными слоями из мелких частиц древесной коры фракции 2/0 мм.

7. Технологический процесс производства ДСП с наружными слоями из микростружки, модифицированной раствором гидроксида натрия.

**Степень достоверности** Достоверность результатов работы основывается на достаточном объеме экспериментов с применением современных методов исследования. Экспериментальные данные обрабатывали методами ва-

риационной статистики при доверительной вероятности  $P = 0,95$ . Статистическую обработку экспериментальных данных, предназначенную для количественных выводов, а также нахождение уравнений зависимости осуществляли на компьютере с использованием прикладных программ «Excel». Адекватность полученных моделей подтверждена.

**Апробация результатов** Материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-технических конференциях и симпозиумах всероссийского и международного уровней: на ежегодных научно-технических конференциях по результатам работы Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета 2014-2017 гг.; на международных научно-практических конференциях «Состояние и перспективы развития производства древесных плит» (г. Балабаново, 2014 и 2016 г.), «Древесные плиты: теория и практика» (г. Санкт-Петербург, 2015 и 2017 г.); на Петербургском международном Лесопромышленном форуме (г. Санкт-Петербург, 2014 и 2016 г.); на международной научно-практической конференции «Леса России: политика, промышленность, наука, образование» (г. Санкт-Петербург, 2016 г.).

**Публикации по работе** По материалам диссертации опубликовано 12 статей, в том числе 4 статьи в специализированных научных журналах, рекомендованных ВАК.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации и показана степень ее разработанности; определены цель и научные задачи работы; отражена научная новизна работы; ее теоретическая и практическая значимость; приведены методология и основные методы исследования; основные положения, выносимые на защиту; обоснована степень достоверности результатов и их апробация.

**В первой главе** показано, что основная масса производимых в России древесных плит применяется в мебельной промышленности, где подвергается разнообразным способам отделки жидкими материалами (ЛКМ и клеи), которые представляют растворы и расплавы пленкообразователей с добавками целевого назначения. В качестве пленкообразователей применяются разнообразные высокомолекулярные соединения с числом звеньев олигомерного или полимерного ряда, в качестве растворителей используются различные органические жидкости и вода. При контакте жидкости с твердой проницаемой подложкой (древесной плитой) происходит несколько последовательных и параллельных процессов, которые оказывают значительное влияние на формирование свойств образующегося покрытия и расход отделочного материала. Ход протекания процессов, расход отделочных материалов и качество об-

разующихся покрытий определяется свойствами отделочных жидкостей и поверхности древесной плиты. Улучшение свойств поверхности плит можно достичь путем регулирования технологических факторов их производства; модификации древесного вещества за счет снижения доли древесины (использование коры) и за счет снижения жесткости древесины при обработке ее химическими соединениями.

**Во второй главе** изложена общая методология исследования, дана характеристика применяемых материалов и образцов, приведены методики отдельных экспериментов и анализов, а также математической обработки экспериментальных данных. Социологический опрос специалистов проведен методом группового анкетного опроса. Изложены методики приготовления препаратов отвержденной смолы и стружечно-клеевой массы с поверхности древесных плит, физические, физико-химические, химические, радиометрический и спектроскопические методы анализа. Приведены методики изготовления опытных образцов древесных плит и лакокрасочных покрытий, а также методы испытаний их свойств.

Поверхностное впитывание оценивали с использованием двух жидкостей: толуола и воды. Методика определения впитываемости толуола регламентирована европейским стандартом EN 382-1 для MDF. Поглощение воды поверхностью древесных плит проводили по предложенной нами методике. Обработку экспериментальных данных осуществляли стандартными методами вариационной статистики на ЭВМ с использованием пакета прикладных программ «Excel».

**В третьей главе** проведено исследование свойств поверхности промышленных древесных плит. Проведен опрос специалистов по выявлению актуальных показателей древесных плит, влияющих на качество их отделки. На вопросы анкеты ответили 26 человек. Эксперты имеют большой опыт, их средний стаж работы в отрасли 25,4 года. Исследовали 23 показателя ДСП и 21 показатель плит ПМВ. Экспертная оценка выявила показатели древесных плит, которые важны для отделки, но не учитываются в настоящее время российскими нормативными документами. К ним относятся следующие высокоактуальные показатели: «Плотность поверхностного слоя плиты», «Впитываемость жидкости поверхностным слоем плиты» и «Продолжительность выдержки плит перед отделкой», а также показатели из группы повышенной актуальности: «Разбухание наружного слоя», «рН наружного слоя» и «Упрессовка древесных плит при ламинировании».

Исследовали физико-механические свойства и впитываемость жидкостей поверхностью пласти 4-х партий ДСП типа Р2 и 2-х партий ПМВ, изготовленных различными предприятиями России (табл. 1 и рис. 1).



Плиты отвечают требованиям ГОСТ по физико-механическим показателям, однако обладают различной впитывающей способностью поверхности, причем характер впитывания толуола и воды различается. Длина трассы толуола изменяется в 2 раза, а скорость впитывания воды ДСП достигает максимума на 20...30 минуте и изменяется в 7 раз. У плит ПМВ максимальная скорость впитывания воды на 10 минуте контакта воды с поверхностью подложки. Определение впитываемости воды поверхностью древесных плит можно проводить по предлагаемой нами методике, определяя увеличение толщины, впитываемость и скорость впитывания воды за 1 ч контакта образца ДСП с водой и за 20 мин контакта образца ПМВ с водой.

Таблица 1 – Физико-механические свойства и впитываемость толуола поверхностью пласти четырех партий ДСП и двух партий ПМВ

Показатель	Номер партии ДСП				Номер партии ПМВ	
	1	2	3	4	1	2
Толщина, мм	16,1	15,9	15,9	16,1	10,1	17,9
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	810	630	700	650	890	850
Предел прочности при изгибе, МПа	20,2	15,1	18,0	16,3	41,9	38,8
Удельное сопротивление нормальному отрыву наружного слоя, МПа	0,86	1,24	0,95	0,82	0,91	0,84
Длина трассы толуола при определении поверхностной впитываемости по EN 382-1, мм	182	202	270	280	139	158

Скорость впитывания толуола зависит преимущественно от величины средней плотности краевых зон поверхностного слоя плиты. Чем выше плотность, тем ниже впитываемость толуола. Зависимость описана уравнением. Вид синтетического связующего, на котором изготовлена плита, и присутствие гидрофобных добавок в виде парафина практически не влияет на этот показатель.

Впитывание воды поверхностью древесных плит зависит в основном от наличия гидрофобизатора в наружных слоях плит, а также от плотности краевых зон поверхности. В присутствии парафина впитываемость воды резко снижается.

Сравнение показателей качества поверхности плит показывает, что древесностружечные плиты уступают плитам ПМВ по таким важным свойствам как однородность структуры, плотность и впитываемость воды. Дальнейшие исследования провели с этим видом плит.

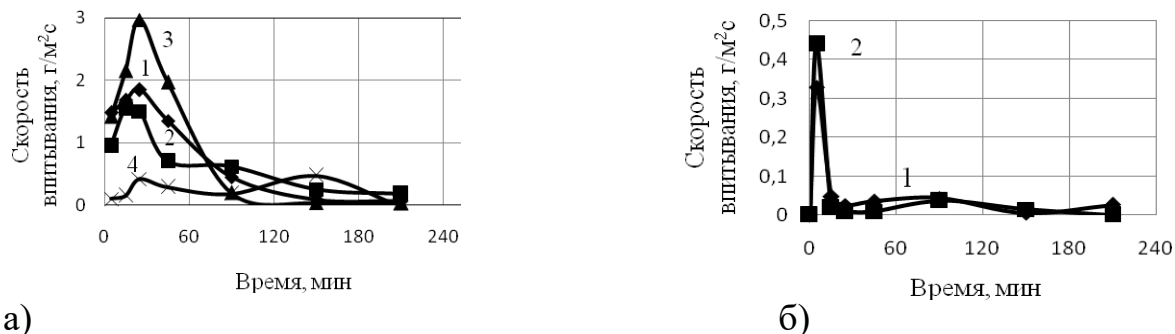


Рисунок 1 – Скорость впитывания воды поверхностью ДСП четырех партий (а) и ПМВ двух партий (б). Номера плит по табл. 1.

В четвертой главе приведены результаты исследования влияния технологических факторов производства ДСП на качество их поверхности. Изучено влияние следующих факторов: плотность ДСП, доля наружного слоя, влажность стружки наружного слоя, температура прессования плит, содержание связующего в наружном слое, содержание парафина в наружном слое. Все исследованные факторы влияют на качество поверхности.

При повышении интегральной плотности ДСП от 500 до 750 кг/м<sup>3</sup> шероховатость поверхности  $R_m$  снижается с 29,4 до 20,1 мкм, длина трассы толуола увеличивается прямо пропорционально с 89 до 239 мм, а скорость впитывания воды уменьшается с 2,63 до 1,43 г/м<sup>2</sup>с. Снижение впитывания жидкостей объясняется увеличением плотности краевой зоны поверхности плит (рис. 2).

Наиболее значительное снижение впитываемости воды наблюдается при росте интегральной плотности от 650 до 750 кг/м<sup>3</sup>. У ДСП интегральной плотности 650 кг/м<sup>3</sup> минимальная плотность краевой зоны поверхностных слоев находится на уровне 530 кг/м<sup>3</sup>, что сравнимо с плотностью древесины 500 кг/м<sup>3</sup>, из которой изготовлены древесные частицы. В связи с этим впитывание жидкостей поверхностью плит с интегральной плотностью менее 650 кг/м<sup>3</sup> происходит по межстружечным пространствам и капиллярам

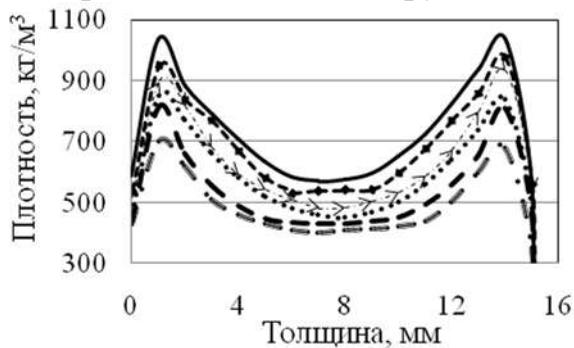


Рисунок 2 – Распределение плотности по толщине ДСП разной интегральной плотности. Интегральная плотность ДСП, кг/м<sup>3</sup>: — · — 500; — — 550; ····· 600; — > 650; — ● — 700; — — 750.

древесины, а у ДСП с плотностью более  $650 \text{ кг/м}^3$  – преимущественно по капиллярам древесины. Вода, как сильно полярная жидкость, при прохождении по капиллярам вызывает разбухание древесины, сопровождающееся сужением капилляров и снижением скорости впитывания. Таким образом, для эффективного снижения впитываемости жидкостей необходимо, чтобы минимальная плотность краевой зоны поверхностных слоев ДСП была более  $500 \text{ кг/м}^3$ .

Увеличение влажности микростружки наружных слоев ДСП от 1,1 до 9,8% приводит к повышению пластичности стружечно-клеевой смеси, что выражается в росте плотности поверхностных слоев плит и соответственного снижения впитываемости жидкостей поверхностью подложки. Кроме того, увеличивается прочность при статическом изгибе и при нормальном отрыве наружного слоя, снижается кислотность поверхности, улучшается смачиваемость плиты водным раствором пленкообразователя, увеличивается работа адгезии пленкообразователя к подложке. Наиболее интенсивное снижение впитывания толуола на 30,7 % и воды на 13,3 % наблюдается при росте влажности древесных частиц от 1,1 до 5 %.

Современная тенденция в технологии ДСП, – проводить прессование плит при высоких температурах на уровне  $220...240 \text{ }^\circ\text{C}$ . При такой температуре значительно сокращается время прессования и снижается содержание формальдегида. Вместе с тем, при высокой температуре на поверхности прессуемого ковра быстро понижается пластичность стружечно-клеевой смеси в результате ее подсыхания. Так, при изменении температуры прессования от  $180$  до  $240 \text{ }^\circ\text{C}$  плотность краевой зоны снижается с  $762$  до  $705 \text{ кг/м}^3$ , а толщина ее увеличивается с  $830$  до  $1240 \text{ мкм}$ . В результате разрыхления поверхности увеличивается впитываемость жидкостей (рис. 3). Повышение температуры прессования приводит к росту рН наружных слоев ДСП от  $5,44$  до  $6,11$  и увеличению краевого угла смачивания с  $76^\circ 50'$  до  $88^\circ 46'$ , что может свидетельствовать о термических превращениях древесины и карбамидного полимера. Для подтверждения этого предположения сделали спектрометрические анализы материалов, снятых с поверхности плит, а также исходной микростружки и отвержденной КФС (рис. 4).

На ИК-спектрах материалов, снятых с поверхности подложки, отражены основные компоненты, – древесина и отвержденная КФС. Имеются свидетельства, что температура прессования плит не приводит к заметному изменению древесного комплекса, но оказывает влияние на изменение группового состава отвержденной смолы. Об этом свидетельствует полоса с пиком на уровне  $1530...1550 \text{ см}^{-1}$ , которая относится к деформационным колебаниям группы  $-\text{NH}-$ .

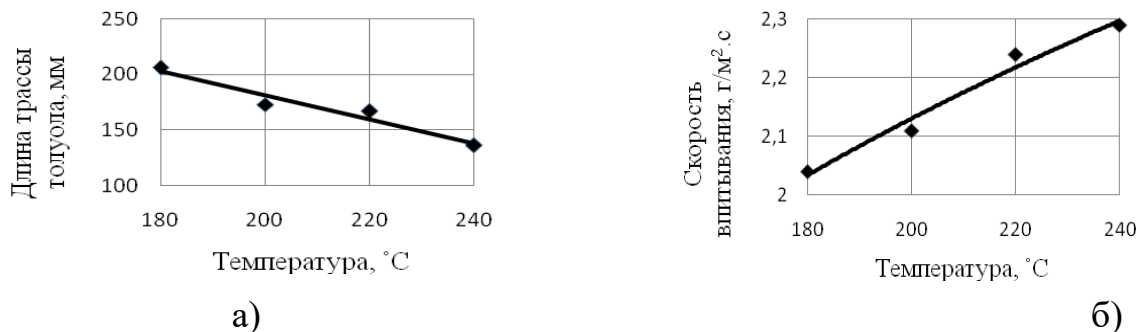


Рисунок 3 – Изменение впитываемости толуола (а) и воды (б) поверхностью ДСП, изготовленных при разных температурах прессования.

Более точный анализ изменения компонентов наружных слоев ДСП при горячем прессовании сделан по спектрам ЯМР  $^{13}\text{C}$  в твердом теле материалов, снятых с поверхности плит, а также исходной микростружки, отвержденной КФС и целлюлозы (рис. 4).

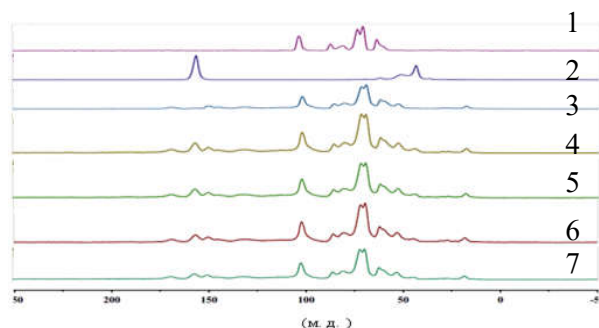


Рисунок 4 – Спектры ЯМР  $^{13}\text{C}$  в твердом теле: целлюлоза (1), отвержденная КФС (2), микростружка (3), материал с поверхности ДСП, изготовленных при температурах прессования, °C: 4 – 180; 5 – 200; 6 – 220; 7 – 240.

На спектрах микростружки и материалов, снятых с поверхности ДСП, хорошо идентифицируется целлюлоза по пикам сигналов при  $\delta$  от 62 до 103 м.д. Форма и размеры этих пиков практически не меняются при повышении температуры прессования ДСП, что говорит о том, что в процессе прессования плит целлюлоза не претерпевает значительных изменений химического состава. Лигнин идентифицирован по полосам с пиками 18, 54 и 150 м.д. Он также практически не изменяется при горячем прессовании ДСП.

Полосы с пиками 44,5; 52,0 и 157,5 м.д. относятся к КФС. Они присутствуют на спектрах материалов, снятых с поверхности плит, причем размеры полос химического сдвига изменяются с изменением температуры прессования. На рис. 4 и в табл. 2 представлены данные, показывающие изменения функциональных групп КФС в процессе горячего прессования ДСП и приведены расчетные значения отношений интенсивностей сигналов поглощения атомов углерода метиленовой и карбонильной групп в микростружке и материалов с поверхности ДСП, изготовленных при различных температурах

прессования. Отношения интенсивностей рассчитывали, как соотношение площадей полос химического сдвига.

Представленные данные показывают, что с повышением температуры прессования происходит снижение содержания метиленовых и карбонильных групп КФС, что говорит о разрушения смолы. Увеличение температуры прессования ускоряет процесс разрушения КФС. Кинетика разрушения по потере метиленовых и карбонильных групп одинакова. Можно предположить, что при разрушения смолы выделяется формальдегид, как результат отщепления метиленэфирных связей, а также аммиак и углекислый газ, образующиеся при разрушении карбамида.

Таблица 2 – Отношения интенсивностей сигналов поглощения атомов углерода метиленовой и карбонильной групп в микростружке и материалов с поверхности ДСП, изготовленных при различных температурах прессования, по данным твердотельного ЯМР  $^{13}\text{C}$ .

Материал	Температура прессования, °С	Относительная интенсивность поглощения атомов углерода в группах (химический сдвиг)	
		C=O (157,5 м.д.)	-CH <sub>2</sub> - (44,5 м.д.)
ДСП	180	1,00	1,00
ДСП	200	0,84	0,84
ДСП	220	0,66	0,68
ДСП	240	0,50	0,48
Микростружка	-	0,10	0,18

Таким образом, повышение температуры прессования ДСП от 180 до 240 °С приводит к значительному изменению их свойств, которые важны для последующей отделки. Ухудшение показателей прочности при изгибе и нормальном отрыве наружного слоя, а также увеличение впитываемости жидкостей объясняется снижением плотности краевых зон поверхности плит и разрушением отвержденной КФС при высоких температурах прессования.

По исследованным технологическим факторам подобраны оптимальные параметры изготовления плит.

**В пятой главе** приведены результаты исследования по разработке технологий изготовления ДСП с улучшенным качеством поверхности. Исследовали свойства плит с наружными слоями, в композиции которых изменяли содержание древесной коры четырех пород: осины, ольхи, сосны и ели в диапазоне от 0 до 100 %. В табл. 3 приведены свойства, а на рис. 5 – результаты испытаний поверхностного впитывания жидкостей.

Таблица 3 – Свойства ДСП с наружными слоями из частиц древесины и коры различных пород

Показатели	Материал наружных слоев				
	Древесина	Порода древесной коры			
		осина	ольха	сосна	ель
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	648	644	646	650	644
Прочность при статическом изгибе, МПа	20,7	17,0	15,8	13,7	13,0
Прочность при нормальном отрыве наружного слоя, МПа	0,43	0,45	0,43	0,33	0,19
Разбухание по толщине за 24 ч., %	34,0	26,4	32,0	34,0	36,8
Впитываемость воды поверхностью плиты за 1 час, кг/м <sup>2</sup>	8,14	5,74	6,04	6,66	7,03
Разбухание по толщине за 1 ч., %	21,4	15,9	16,8	21,2	22,7
pH наружного слоя	5,74	6,20	6,07	5,03	5,35
Краевой угол смачивания КФС, град.	85°05'	57°30'	59°60'	65°05'	62°50'
Работа адгезии, мДж/м <sup>2</sup>	96,6	137	134	126	130
Минимальная плотность краевой зоны, кг/м <sup>3</sup>	382	682	662	572	512
Максимальная плотность краевой зоны, кг/м <sup>3</sup>	861	1304	1254	996	915
Средняя плотность краевой зоны, кг/м <sup>3</sup>	621	993	958	784	713
Толщина краевой зоны, мкм	1140	520	550	730	830

Использование мелких частиц коры для наружных слоев ДСП позволяет значительно изменить показатели качества поверхности плит. Наибольший эффект достигается при использовании для этой цели коры осины. Высокая степень уплотнения частиц коры осины объясняется пониженным в 1,5...2,0 раза содержанием в ней лигнина по сравнению с нативной древесиной.

Исследовали возможность снижения жесткости древесных полимеров, - целлюлозы и лигнина, путем обработки древесных частиц для наружных слоев плит растворами кислоты и щелочи. На сухую промышленную микростружку методом пневматического распыления нанесли водные растворы серной кислоты и гидроксида натрия. Расход по абс. сухим веществам: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 2 %; NaOH – 3 %, концентрация растворов – 10 %.

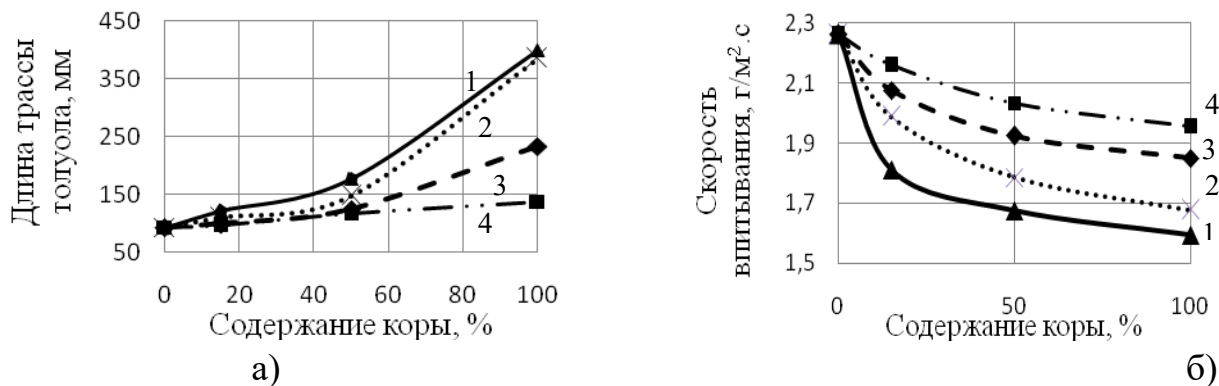


Рисунок 5 – Влияние содержания коры различных пород древесины в наружных слоях ДСП на впитываемость толуола (а) и воды (б) поверхностью плит. Порода древесной коры: 1 — Осина; 2 .... Ольха; 3 ---- Сосна; 4 — .. Ель.

Более эффективной является модификация микростружки при обработке ее раствором гидроксида натрия. В этом случае показатели прочности плит выше, длина трассы толуола длиннее в среднем в 1,6 раза, работа адгезии выше в среднем в 1,5 раза, чем у плит с поверхностью из микростружки, обработанной серной кислотой. Значительное снижение впитываемости толуола объясняется повышенной плотностью поверхности ДСП из микростружки со щелочью.

Провели исследование влияния на свойства ДСП трех технологических факторов: расход NaOH ( $x_1$ ), концентрация водного раствора NaOH ( $x_2$ ) и расход ФФС ( $x_3$ ) для наружных слоев плит. Для нахождения зоны оптимальных значений исследуемых факторов использовали математическое планирование эксперимента. В основу плана положено центральное композиционное униформ-ротатабельное планирование второго порядка (табл. 4). После отсеивания незначимых коэффициентов и проверки адекватности получены уравнения регрессии в кодированных переменных, где:  $Y_1$  – прочность при статическом изгибе, МПа;  $Y_2$  – прочность при нормальном отрыве наружного С использованием функции желательности установили, что модифицирование микростружки раствором гидроксида натрия целесообразно производить при следующих значениях технологических факторов: расход сухого NaOH от массы древесины 2...3 %, концентрация раствора NaOH 10...30 %, расход ФФС 10...14 %. На рис. 6 построена поверхность отклика показателя  $Y_3$  в трехмерной системе координат. Показано варьирование факторов  $x_1$  и  $x_2$ . Фактор  $x_3$  «Расход ФФС» установлен на нулевом уровне, равном 10,5 %.

Таблица 4 – Факторы и уровни варьирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования				
		Звездная точка	Нижний уровень	Центр	Верхний уровень	Звездная точка
		-1,353	-1	0	+1	+1,353
$x_1$	Расход сухого NaOH, %	0,65	1	2	3	3,35
$x_2$	Концентрация раствора NaOH, %	4,7	10	25	40	45,2
$x_3$	Расход ФФС, %	5,76	7	10,5	14	15,2

слоя, МПа;  $Y_3$  – длина трассы толуола, мм;  $Y_4$  – скорость впитывания воды, г/м<sup>2</sup> с:

$$Y_1 = 17,0 - 0,98x_1 + 1,51x_2 + 1,10x_3 + 1,45x_1^2 - 1,09x_2^2 + 1,54x_2x_3 + 1,77x_1x_2x_3 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,466 + 0,054x_1 + 0,032x_2 + 0,022x_3 - 0,136x_2^2 - 0,116x_3^2 + 0,069x_1x_2 - 0,014x_2x_3 + 0,051x_1x_2x_3 \quad (2)$$

$$Y_3 = 151 + 43,0x_1 - 45,6x_2 + 38,6x_3 + 24,6x_1^2 + 19,0x_2^2 + 24,3x_3^2 - 23,6x_1x_2 - 23,6x_2x_3 \quad (3)$$

$$Y_4 = 1,78 - 0,175x_3 + 0,129x_2^2 + 0,099x_3^2 + 0,078x_1x_2 + 0,691x_2x_3 - 0,124x_1x_2x_3 \quad (4)$$

Снижение впитываемости жидкостей модифицированной поверхностью ДСП объясняется повышением плотности наружных слоев. Максимальная плотность краевой зоны ДСП наблюдается у плиты изготовленной при следующих технологических режимах: расход сухого NaOH 3 %; концентрация раствора NaOH 10 %; расход ФФС 14 %. Она имеет самую большую минимальную и максимальную плотности краевых зон 710 и 1075 кг/м<sup>3</sup>, соответственно, а также самую низкую впитываемость толуола, - длина трассы 370 мм. Другие сочетания технологических факторов приводят к образованию ДСП с меньшей плотностью наружных слоев.

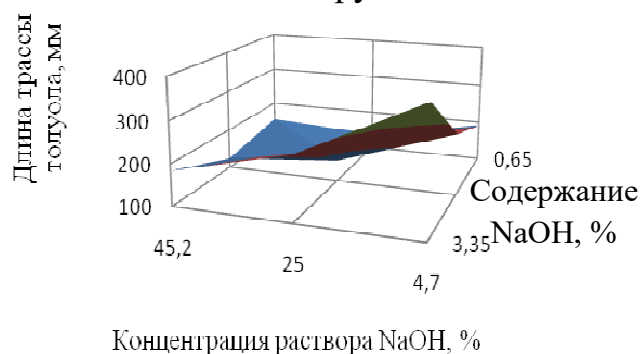


Рисунок 6 – Зависимость длины трассы толуола на поверхности ДСП с наружными слоями из микростружки, модифицированной раствором гидроксида натрия, от содержания гидроксида натрия и концентрации его раствора



Для проверки эффективности модификации микростружки наружных слоев ДСП изготовили опытные партии плит с наружными слоями из частиц осиновой коры и микростружки, обработанной раствором гидроксида натрия. Испытания свойств плит подтвердили полученные ранее закономерности. Отделка опытных партий плит лакокрасочными материалами показала, что применение ДСП с модифицированной поверхностью обеспечивает сокращение расхода жидких отделочных материалов на 20...40 %.

**В шестой главе** представлены технологические схемы производства ДСП с наружными слоями из коры и из микростружки, обработанной гидроксидом натрия. Подобрано необходимое дополнительное оборудование.

**В седьмой главе** приведены данные об экономической эффективности производства и отделки ДСП с наружными слоями из древесной коры и из микростружки, обработанной гидроксидом натрия.

**Основные выводы** По результатам работы сформулированы следующие общие выводы и рекомендации:

1. Методом опроса специалистов отрасли произведена рейтинговая оценка показателей качества поверхности древесных плит для отделки. Обосновано использование следующих актуальных показателей: «Плотность поверхностного слоя плиты», «Впитываемость жидкости поверхностным слоем плиты», «Разбухание поверхностного слоя» и «рН наружного слоя».

2. Исследована кинетика процесса впитывания жидкости поверхностью древесностружечных плит и древесноволокнистых плит средней плотности как функция полярности растворителя. Установлено, что скорость впитывания толуола зависит преимущественно от величины средней плотности краевых зон поверхностного слоя плиты, то есть от пористости ее поверхности, а воды – от наличия в наружных слоях плит веществ с высоким значением краевого угла смачивания.

3. Исследование свойств древесных плит, производимых промышленностью России, показало, что их физико-механические и физико-химические показатели изменяются в широких диапазонах в зависимости от типа плиты. ДСП уступают плитам ПМВ по таким важным свойствам как однородность структуры, плотность и прочность поверхности.

4. Определены оптимальные значения основных технологических факторов производства ДСП, оказывающих влияние на формирование показателей качества их поверхности: плотность ДСП, доля наружного слоя, влажность стружки наружного слоя, температура прессования плит, содержание связующего в наружном слое, содержание парафина в наружном слое.

5. Разработана технология изготовления ДСП с улучшенным качеством поверхности путем использования для наружных слоев мелких частиц древесной коры, что дополнительно обеспечивает расширение сырьевой базы

для производства плит и утилизацию крупнотоннажного отхода деревообрабатывающей промышленности.

Разработана технология изготовления ДСП с улучшенным качеством поверхности с наружными слоями из микростружки, модифицированной раствором гидроксида натрия.

Плиты с модифицированными наружными слоями по сравнению с традиционными ДСП имеют плотность краевой зоны поверхностных слоев в 1,2... 1,4 раза выше, что обеспечивает снижение впитываемости толуола в 2,4...2,5 раза, воды – на 14...18 %, и сокращение расхода ЛКМ на 20...40 %.

**Основные результаты работы представлены в следующих публикациях:**

### **Статьи в журналах из Перечня ВАК**

1. Хоссейни, С. З. Изменение качества поверхности древесностружечных плит в зависимости от температуры их прессования / С. З. Хоссейни, В. В. Васильев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии.— 2016.— № 214.— С. 224 –232.

2. Васильев, В. В. Экспертная оценка поверхностных свойств древесных плит / В. В. Васильев, С. З. Хоссейни // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии.— 2016.— № 215.— С. 215–228.

3. Васильев, В. В. Влияние плотности древесностружечных плит на качество их поверхности / В. В. Васильев, С. З. Хоссейни // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии.— 2016.— № 216.— С. 175 –188.

4. Васильев, В. В. Физико-химические свойства поверхности промышленных древесных плит разных типов / В. В. Васильев, С. З. Хоссейни, Л.И. Сизова, Е. В. Кондратьева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии.— 2016.— № 217.— С. 166 –181.

### **Публикации в сборниках докладов международных научных конференций**

1. Васильев, В. В. Оценка впитываемости жидкости поверхностью древесностружечных плит / В. В. Васильев, Сейдех Захра Хосейни: Состояние и перспективы развития производства древесных плит: 17-я Междунар. науч.-практ. конф., 19-20 марта 2014 г.— Балабаново: ЗАО ВНИИДРЕВ, 2014.— с. 39–47.

2. Васильев, В. В. Впитывание жидкостей поверхностью древесностружечных плит разной плотности / В. В. Васильев, С. З. Хоссейни: Древесные

плиты: теория и практика: 18-я Междунар. науч-практ. конф., 18-19 марта 2015 г.— СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015.— с. 72-78.

3. Хоссейни, С. З. Впитывание жидкости поверхностью MDF / С. З. Хоссейни, А. В. Толочек, В. В. Васильев: Древесные плиты: теория и практика: 18-я Междунар. науч-практ. конф., 18-19 марта 2015 г.— СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015.— с. 78-83.

4. Васильев, В. В. Влияние температуры прессования на качество поверхности древесностружечных плит / В. В. Васильев, С. З. Хоссейни: сборник научных трудов 3-й международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса».— Кострома, 2015.— С. 102-104.

5. Васильев, В. В. Влияние способа горячего прессования MDF на свойства поверхности плит / В. В. Васильев, С. З. Хоссейни: Состояние и перспективы развития производства древесных плит: 19-я Междунар. науч-практ. конф., 16-17 марта 2016 г.— Балабаново: ЗАО ВНИДРЕВ, 2016.— с. 41-49.

6. Хоссейни, С. З. Влияние влажности стружки наружного слоя на качество поверхности древесностружечных плит / С. З. Хоссейни, В. В. Васильев: Леса России: политика, промышленность, наука, образование, том 2: Материалы научно-технической конференции, 13-15 апреля 2016 г.— СПб.: СПбГЛТУ, 2016.— с. 172-175.

7. Хоссейни, С. З. Изменение качества поверхности древесностружечных плит в зависимости от влажности микростружки / С. З. Хоссейни, В. В. Васильев: Древесные плиты: теория и практика: 20-я Междунар. науч-практ. конф., 15-16 марта 2017 г.— СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017.— с. 56-62.

8. Васильев, В. В. Современные требования к древесным плитам для отделки / В. В. Васильев, С. З. Хоссейни: Древесные плиты: теория и практика: 20-я Междунар. науч-практ. конф., 15-16 марта 2017 г.— СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017.— с. 62-70.

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., д. 5, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова.

ХОССЕЙНИ СЕЙЕДЕХ ЗАХРА  
АВТОРЕФЕРАТ

---

Подписано в печать с оригинал-макета 00.00.2017 г.  
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать трафаретная.  
Уч.-изд. л.\_\_\_\_. Печ. л.\_\_\_\_. Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_.

---

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
Издательско-полиграфический отдел СПбГЛТУ  
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 3