

674
П 32

Учреждение образования
“БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ”

УДК 674.815-41

(043.3)

ПИКУЛИН Игорь Анатольевич

**ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВОДНОГО
КОНЦЕНТРАТА**

**05.21.03 – Технология и оборудование
химической переработки биомассы
дерева; химия древесины.**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 2002

Работа выполнена в УО “Белорусский государственный технологический университет”.

Научный руководитель

кандидат технических наук,
доцент **Снопков В.Б.**,
УО “Белорусский государственный технологический университет”,
кафедра технологии клееных материалов и плит

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор **Соловьева Т.В.**,
УО “Белорусский государственный технологический университет”,
кафедра химической переработки древесины;

кандидат технических наук
Грошев И.М.,
ОАО “Витебскдрев”, начальник ЦЗЛ

Оппонирующая организация

ЗАО “Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством”.

Защита состоится “11” апреля 2002 г. в 13.30 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.04 в Белорусском государственном технологическом университете по адресу: 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного технологического университета.

Автореферат разослан “7” марта 2002 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций
кандидат технических наук



О.Я. Толкач

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Для современного производства древесностружечных плит (ДСтП) характерно все более широкое использование низкокачественного древесного сырья, в том числе отходов лесопиления и деревообработки. В результате возникают трудности при поддержании физико-механических показателей этого материала на уровне требований действующих стандартов. Проблема повышения качества ДСтП должна быть оперативно решена, т.к. постановлением Госстандарта Республики Беларусь №26 от 19 июля 2001г. этот вид продукции с 1 января 2002г. подлежит обязательной сертификации.

Традиционными способами повышения качества ДСтП являются увеличение расхода связующего или повышение плотности готового продукта. Однако и тот и другой пути нельзя назвать рациональными, т.к. они ведут к увеличению себестоимости выпускаемых плит. Перспективным способом решения проблемы является введение в технологический процесс операции по химической обработке древесной стружки перед нанесением связующего. Однако применяемые с этой целью реагенты в большинстве своем не производятся в Республике Беларусь, а отдельные из них нетехнологичны, дороги, небезопасны для человека и окружающей среды.

В данной работе в качестве модифицирующего агента для древесины предлагается использовать полиметаллический водный концентрат (ПВК), представляющий собой водносолевой рассол, который является побочным продуктом, извлекаемым из нефтяных месторождений на территории Гомельской области. ПВК в настоящее время нашел лишь ограниченное применение в промышленности нашей страны. Поэтому Совет Министров Республики Беларусь, разрабатывая комплексную программу по использованию гидроминеральных ресурсов в народном хозяйстве республики, поручил концерну "Беллесбумпром" проработать вопрос о возможности применения ПВК для изготовления стройматериалов из отходов древесины (письмо №06/102-523 от 2 октября 2000г.).

С учетом сказанного выше можно заключить, что настоящая диссертационная работа посвящена решению важной и актуальной для промышленности Республики Беларусь задачи: повышения качества ДСтП за счет применения дешевого и доступного продукта – ПВК.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Диссертационная работа является частью комплексных исследований, выполненных в Белорусском государственном технологическом университете в составе Государственной научно-технической программы "Леса Беларуси и их рациональное использование", задания №25 "Провести исследования и разработать технологию производства древесностружечных плит увеличенной толщины с утилизацией отходов деревообработки" (БС 99-213, № гос.регистрации 19993495, 1999/2000 г.г.) а также НИР "Исследовать и разработать технологию изготовления древесностружечных плит со сниженной материалоемкостью" (ГБ 6-96, 1996/1997г.г.). Исследования по теме диссертационной работы проводились

331ар

также при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта “Теоретические и экспериментальные исследования химических и теплообменных процессов, протекающих при пьезотермическом воздействии на древесно – полимерные композиции” (ФФ 99-070, № гос.регистрации 19992659, 1999/2001г.).

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы являлось научное обоснование способа направленного изменения свойств поверхности древесины за счет модифицирующей обработки ПВК, разработка и практическая реализация на этой основе новой технологии получения ДСтП с применением ПВК.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- установить возможность и доказать целесообразность применения ПВК для модифицирующей обработки древесной стружки в производстве ДСтП;
- изучить влияние модифицирующей обработки древесины ПВК на свойства ее поверхности: критическое поверхностное натяжение (поверхностную энергию), величину энергий смачивания и адгезии клеевых материалов, параметры шероховатости;
- изучить влияние обработки ПВК на распределение по поверхности и проникновение вглубь древесины карбамидоформальдегидной смолы (КФС), а также на прочность клеевых соединений древесины;
- определить оптимальные режимы обработки древесной стружки ПВК и изготовления ДСтП из обработанной стружки;
- провести промышленную апробацию технологии производства ДСтП с применением ПВК.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является технологический процесс производства ДСтП. Предмет исследований – способ направленного изменения свойств поверхности древесины за счет модифицирующей обработки ПВК, целью которой является повышение показателей качества ДСтП.

Методология и методы проведенного исследования. В процессе экспериментальных исследований были использованы следующие методы: определение критического поверхностного натяжения (метод Цизмана), профилографического и микроскопического исследования поверхности древесины, электронного микроанализа, изготовления ДСтП в лабораторных условиях, определения токсичности (методы церфораторный и WKI) и огнестойкости плит, стандартные методы определения физико-механических показателей ДСтП (плотности, влажности, разбухания по толщине, пределов прочности при статическом изгибе и при растяжении перпендикулярно пласти плиты).

Научная новизна и значимость полученных результатов. Впервые показано, что для модифицирующей обработки стружки в производстве ДСтП может быть использован ПВК. Установлено, что такая обработка изменяет свойства поверхности древесины: увеличивает шероховатость за счет изменения размеров и формы неровностей, увеличивает критическое поверхностное натяжение,

энергии смачивания и адгезии клеевых материалов, уменьшает глубину и интенсивность проникновения КФС вглубь древесины. Показано, что в результате перечисленных изменений происходит увеличение прочности клеевых соединений, а, следовательно, возрастают физико-механические показатели ДСтП. Впервые определены оптимальные режимы обработки древесной стружки ПВК и прессования ДСтП из обработанной стружки.

Практическая (экономическая, социальная) значимость полученных результатов. В составе диссертационной работы решена актуальная и имеющая большое практическое значение задача повышения качества ДСтП. Разработанная технология производства этого материала с модифицирующей обработкой стружки ПВК позволяет повысить на 7-38% физико-механические показатели плит и на 23-45% уменьшить показатель их токсичности. С ее внедрением появляется возможность без ущерба для качества готового продукта вовлекать в производство опилки – мало используемый отход от лесопиления и деревообработки. Достоинством новой технологии является ее экологическая чистота, а также то, что для модифицирующей обработки стружки используется ПВК – сопутствующий продукт нефтедобычи, который в настоящее время нашел лишь ограниченное промышленное применение. Технология производства ДСтП с модифицирующей обработкой стружки ПВК является универсальной и легко может быть реализована на любом предприятии Республики Беларусь. В ОАО “Речицадрев” с ее применением была выпущена опытная партия ДСтП объемом 933,3 м³. Фактический экономический эффект после ее реализации составил 101,042 млн.рублей (в ценах 1999г.). Ожидаемый экономический эффект при объеме производства 50 тыс.м³ в год составляет 5413,16 млн.рублей.

Основные положения диссертации выносимые на защиту:

1. Способ модифицирующей обработки стружки ПВК, позволяющий повысить физико-механические показатели и снизить токсичность ДСтП.
2. Закономерности изменения свойств поверхности древесины в результате ее обработки ПВК: увеличение шероховатости за счет изменения размеров и формы неровностей на поверхности, увеличение критического поверхностного натяжения, энергий смачивания и адгезии клеевых материалов, уменьшение глубины и интенсивности проникновения КФС вглубь древесины.
3. Корреляционная зависимость прочности клеевых соединений и физико-механических показателей ДСтП от свойств поверхности древесины, подвергнутой модифицирующей обработке.
4. Оптимальные режимы обработки древесной стружки ПВК и прессование ДСтП из обработанной стружки.

Личный вклад соискателя. Автор принимал непосредственное участие в формулировании целей и задач исследований. Он лично осуществлял планирование эксперимента, реализацию его в лабораторных условиях, обработку экспериментальных данных. Автор принимал участие в обсуждении и интерпретации полученных результатов, разработке новых технологических режимов. Промышленные испытания и внедрение разработанной технологии производства ДСтП проходили при его деятельном участии.

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-технических конференциях по итогам научно-исследовательских работ Белорусского государственного технологического университета в 1997-2001 г.г., на международных научно-технических конференциях “Лес-97” (Минск, 1997г.), “Композиционные материалы на основе древесины, их технология, структура, свойства и конструкции из них” (Москва, 1997г.), “Разработка импортозаменяющих технологий и материалов в химиколесном комплексе” (Минск, 1997г.), “Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности” (Минск, 1999г.), “Комплексная переработка древесного сырья на базе эффективных и энергосберегающих технологий” (Архангельск, 2000г), “Поликом - 2000” (Гомель, 2000г.), на XII и XIII международных научно-технических конференциях Wydziału Technologii Drewna SGGW (Warszawa, 1998 и 1999г.г.), на III научно-технической конференции “Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии” (Гродно, 1998г.), на II научно-практическом семинаре “Древесные плиты: теория и практика” (Санкт-Петербург, 1999г.).

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, из них 2 статьи в научных журналах, 3 статьи в сборниках, 5 материалов конференций, 5 тезисов докладов, подана 1 заявка на изобретение.

Структура и объем диссертации. Содержание работы изложено на 158 страницах машинописного текста. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа содержит 35 таблиц, 38 рисунков, 5 приложений на 26 страницах. Список использованных источников включает 198 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Аналитический обзор. В результате анализа научно-технической литературы было установлено, что прочность клеевых соединений, образующихся при склеивании древесины, во многом определяется свойствами ее поверхности. Важнейшим параметром, характеризующим поверхностные свойства древесины, является поверхностная энергия, о величине которой можно судить по значению критического поверхностного натяжения. Технологический процесс производства ДСтП включает технологические операции (сушка древесины и ее хранение), которые приводят к инаktivации поверхности древесных частиц. Уменьшение поверхностной энергии является причиной ухудшения смачиваемости, растекания клеев по поверхности древесины и, в конечном итоге, сказывается на прочности образующихся клеевых соединений. Известны способы механического, физического и химического воздействия на древесину с целью повышения прочности склеивания. Особенно сильно изменяет поверхностные свойства древесины химическая обработка. На основании этого сделан вывод, что модифицирующая обработка древесной стружки перед нанесением связующего является перспективным направлением развития технологии производства ДСтП. В качестве модификатора может быть использован ПВК, который обладает высокой реакционной способностью по отношению к древесине.

имеет невысокую стоимость, добывается в Республике Беларусь, безвреден для человека и окружающей среды.

2. Методы проведения исследований. В главе приведены свойства примененных веществ и материалов, изложены методики проведения исследований. Определение поверхностной энергии древесины (критического поверхностного натяжения) проводили по методу Цизмана, основанному на измерении краевого угла смачивания растворами CaCl_2 с различным поверхностным натяжением. Шероховатость поверхности определяли на профилографе-профилометре модели 170311. Микроструктура поверхности образцов древесины исследовалась сканирующим электронным микроскопом РЭМ-100У. Исследование распределения КФС по поверхности и глубине образцов производили на спектрометре волновой дисперсии SWD с помощью микрозонда MS – 46 фирмы “Camera” (Франция). Огнестойкость ДСтП определяли по методу керамической трубы. Физико-механические показатели ДСтП определяли в соответствии со стандартными методиками, содержание свободного формальдегида – методом WKI и перфораторным методом.

3. Модифицирующая обработка древесины растворами ПВК. Показано, что модифицирующая обработка стружки ПВК перед ее сушкой позволяет повысить физико-механические показатели ДСтП. Предел прочности при статическом изгибе увеличился на 15-38%, разбухание по толщине уменьшилось на 7-29%. Наилучшие результаты были достигнуты при расходе ПВК, равном 0,6% от массы древесины. Применение ПВК позволяет без ущерба для качества плит уменьшить на 10% расход связующего. Происходит также снижение токсичности плит почти на 50% и повышение их огнестойкости.

Проведены экспериментальные исследования по изучению влияния ПВК на величину критического поверхностного натяжения древесины. Графические зависимости косинуса краевого угла смачивания ($\cos\theta$) от поверхностного натяжения смачивающей жидкости, полученные для различных пород и концентраций растворов ПВК, приведены на рис. 1. В результате обработки экспериментальных данных были определены значения критического поверхностного натяжения, энергии смачивания поверхности древесины КФС и энергии адгезии смолы к древесине, которые обобщены в табл. 1.

Таблица 1

Поверхностные свойства древесины, обработанной растворами ПВК

Порода древесины	Концентрация раствора ПВК, %	Критическое поверхностное натяжение, дн/см	Энергия смачивания, эрг/см ²	Энергия адгезии, эрг/см ²
Береза	–	56,27	- 14,63	- 120,37
	10,0	62,89	- 11,79	- 123,21
	16,0	68,64	3,39	- 138,39
	20,0	75,87	22,82	- 157,82
	30,0	62,88	- 6,49	- 128,51
Сосна	–	44,73	- 40,27	- 94,73
	16,0	51,33	-34,27	-100,72

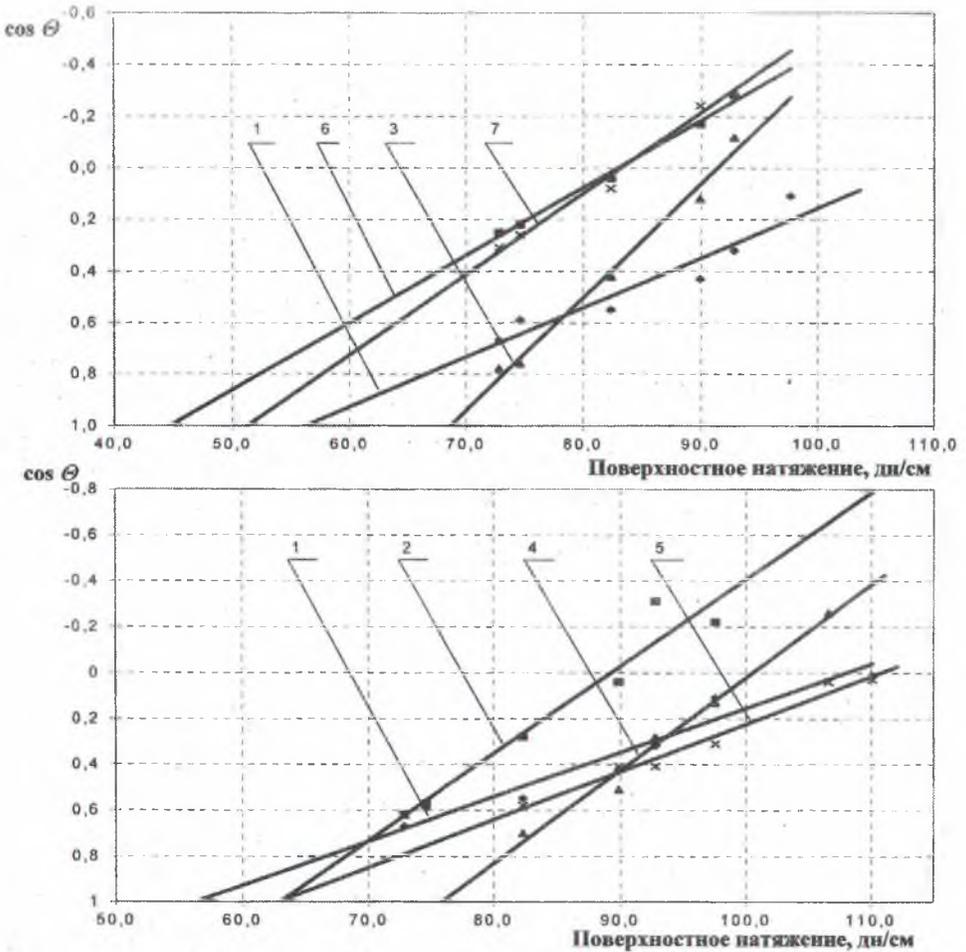


Рис.1. Зависимость косинуса краевого угла смачивания древесины березы и сосны от поверхностного натяжения смачивающей жидкости: 1,2,3,4,5 – береза; 6,7 – сосна; 1,6 – без обработки; 2 – концентрация раствора ПВК 10%; 3,7 – 16%; 4 – 20%; 5 – 30%

Анализ данных табл.1 показывает, что обработка ПВК приводит к увеличению критического поверхностного натяжения древесины березы и сосны. Это приводит к закономерному возрастанию энергий смачивания и адгезии, рассчитанных по отношению к КФС. Аналогичный результат был получен и для других пород древесины: ели, осины, ольхи. Наиболее заметный эффект изменения поверхностных свойств древесины наблюдается при использовании растворов ПВК 20%-ной концентрации.

Обработка древесины водными растворами солей, входящих в состав ПВК, показала, что многие из них изменяют поверхностные свойства древеси-

ны в нужном направлении. Обязательное условие – соль должна быть образована сильной кислотой.

Одним из наиболее значимых факторов при образовании клеевых соединений древесины является шероховатость ее поверхности. В этой связи было изучено влияние модифицирующей обработки древесины ПВК на величину и форму неровностей на ее поверхности. Результаты определения средних арифметических значений абсолютных отклонений профиля поверхности (R_a) и высот профиля (R_z), наибольшей высоты профиля (R_{max}), высоты наибольшего выступа профиля (R_p), среднего шага неровностей (S) представлены в табл.2.

Таблица 2

Шероховатость поверхности древесины

Порода древесины	Обработка ПВК	Параметры шероховатости				
		R_a , мкм	R_z , мкм	R_{max} , мкм	R_p , мкм	S , мкм
Береза	нет	5,0	25,7	40,7	12,6	354,1
	да	8,8	36,7	59,0	26,5	266,3
Сосна	нет	6,3	28,5	39,9	16,6	281,6
	да	9,8	45,3	61,1	28,4	206,4

Как видно из табл.2, обработка древесины ПВК приводит к увеличению параметров R_a , R_z , R_{max} и R_p , характеризующих высоту неровностей. Средний шаг неровностей (S) при этом уменьшается на 25-49%. Таким образом, можно утверждать, что под воздействием ПВК древесина набухает, а шероховатость поверхности возрастает. Причем происходит это как за счет увеличения уже имевшихся ранее неровностей, так и за счет появления новых, которых до обработки не было.

Для того, чтобы оценить форму неровностей, имеющихся на поверхности древесины, были построены зависимости относительной опорной длины профиля (P) от уровня сечения профиля поверхности древесины (h), которые приведены на рис. 2а. Сопоставляя ход кривых, мы видим, что относительная длина профиля у необработанной древесины быстро изменяется на начальных уровнях сечений ($h = 5-30\%$). Напротив, в случае древесины, обработанной ПВК, этот параметр особенно быстро изменяется на более глубоких уровнях сечений ($h = 30-60\%$). Описанный характер кривых позволяет сделать вывод об изменении не только размеров, но и формы неровностей на поверхности древесины в результате ее обработки ПВК. Выступающие элементы поверхности становятся более высокими, а в верхней своей части более узкими и острыми.

На рис.2б представлены дифференциальные кривые, показывающие зависимости скорости изменения относительной опорной длины (dP/dh) от уровня сечения профиля (h). Для обеих пород древесины обработка ПВК вызывает смещение максимума кривых вправо. Это свидетельствует об уменьшении относительной опорной длины для любого уровня сечения. Другими словами, в

результате обработки выступающие элементы поверхности становятся более узкими, а впадины более широкими.

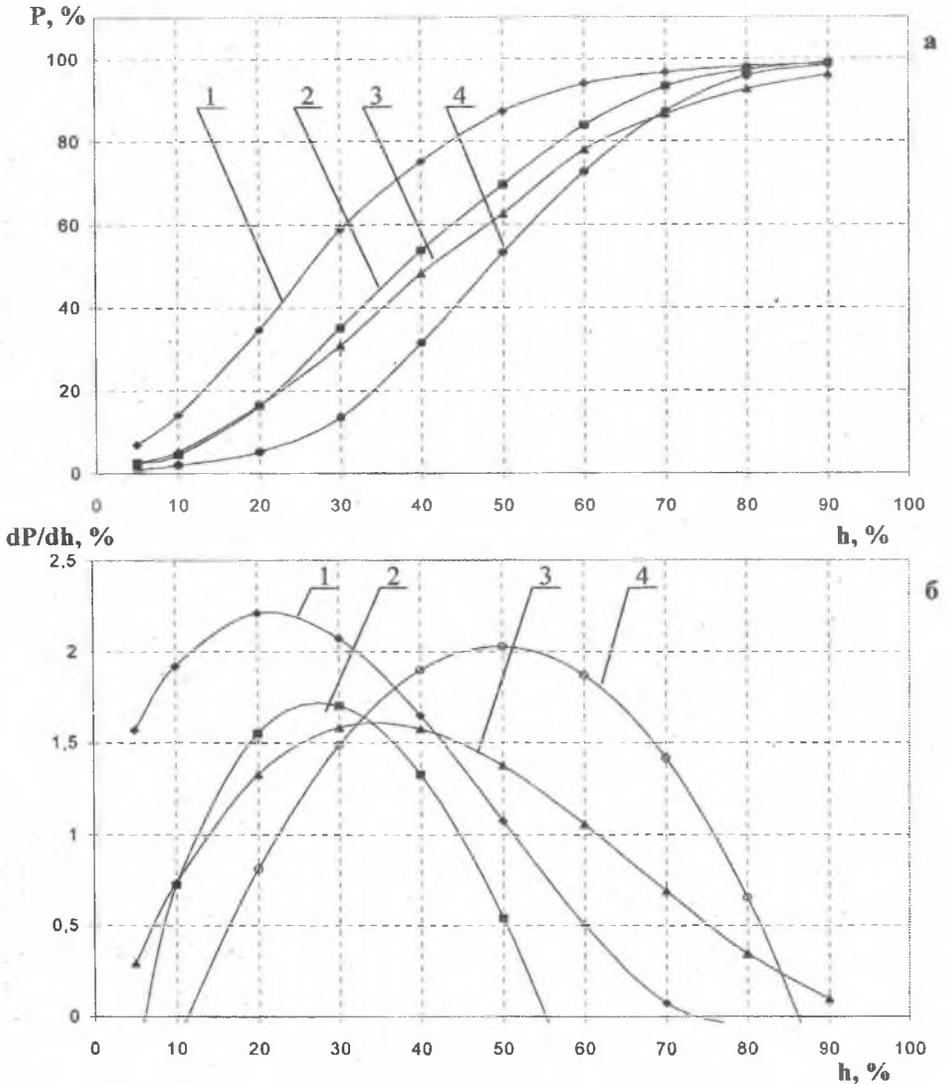


Рис.2. Зависимость относительной опорной длины профиля (P) и скорости изменения этого параметра (dP/dh) от уровня сечения профиля: 1,3 - необработанная древесина; 2,4 - древесина обработанная ПВХ; 1,2 - береза; 3,4 - сосна

Сопоставительный анализ полученных параметров шероховатости дает возможность построить модели профилей поверхности, две из которых по-

лученные для древесины березы, приведены на рис.3. При всей своей условности они дают возможность наглядно представить изменения, которые претерпевает поверхность древесины в результате модифицирующей обработки. Обработка древесины ПВК вызывает ее набухание, увеличивает количество неровностей на единице длины поверхности. Средняя высота выступающих элементов увеличивается в 1,4 – 1,6 раза. Изменяется их форма: неровности становятся более узкими и острыми. В совокупности описанные изменения приводят к тому, что шероховатость поверхности, обработанной ПВК, возрастает. Это хорошо согласуется с ранее установленным увеличением поверхностной энергии модифицированной древесины и улучшением ее смачиваемости КФС.

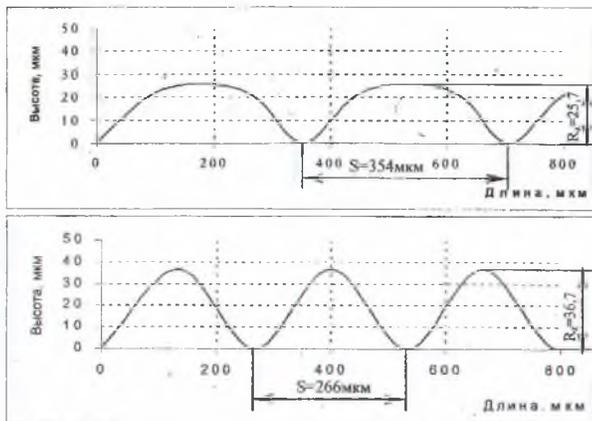


Рис.3. Модели профилей поверхности древесины березы: а - необработанная древесина; б - древесина, обработанная ПВК

На рис.4 представлены микрофотографии поверхности древесины березы, полученные до и после модифицирующей обработки ПВК.

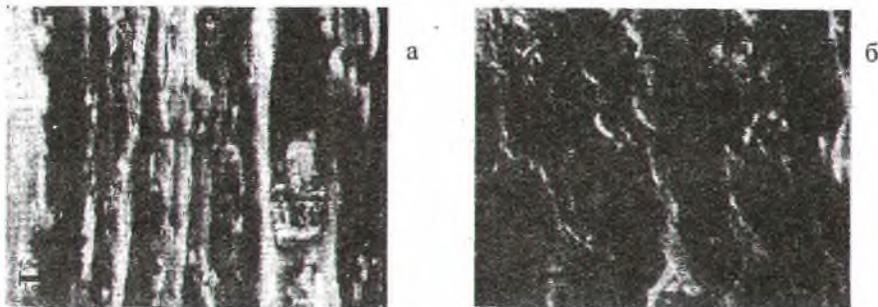


Рис.4. Поверхность древесины березы: а – необработанной; б - обработанной ПВК

На рис. 4а наблюдается типичная картина поверхности древесины, образованная в результате поперечного резания. На фотоснимке хорошо различимы отдельные волокна. Обработка древесины ПВК коренным образом изменяет

характер поверхности, в чем легко убедиться изучив рис. 46. Отдельные волокна древесины стали трудноразличимы. Появилось большое количество отдельных фрагментов клеточной стенки, обрывков. Таким образом, в результате модифицирующего воздействия ПВК поверхность древесины стала более развитой. В совокупности происходящие изменения топографии поверхности древесины говорят о том, что обработка ее ПВК должна создать более благоприятные условия для последующего склеивания.

Распределение связующего (КФС) по поверхности древесины исследовали с помощью метода электронно-зондового микроанализа. О количестве смолы в каждой точке поверхности судили по изменению интенсивности рентгеновского излучения (I_0/I_2), которое зависит от содержания кобальта. Кобальт в виде соли $CoSO_4$ был заранее растворен в КФС. Концентрационные кривые распределения КФС по поверхности образцов и их срезам представлены на рис. 5. Сравнивая между собой кривую 1, с одной стороны, и кривые 2 и 3, с другой стороны, мы видим, что термическая обработка приводит к уменьшению относительной величины рентгеновского излучения. Среднее значение I_0/I_2 для древесины, обработанной ПВК, уменьшается с 0,27 до 0,22%, а для необработанной – до 0,13%. Уменьшается также разница между максимальными и минимальными значениями относительного рентгеновского излучения. Таким образом, в результате термообработки образцов, моделирующей процесс горячего прессования, на их поверхности остается меньше КФС и распределена она более равномерно. При этом древесина, модифицированная ПВК, в меньшей степени впитывает смолу и в результате последняя остается на поверхности в большем количестве. Сказанное подтверждается концентрационными кривыми распределения КФС по срезам образцов (рис. 5, кривые 4-6). У образца, не подвергнувшегося термической обработке (кривая 4), параметр I_0/I_2 имеет максимальное значение у самого края, т.е. на поверхности образца. По мере продвижения в глубину он быстро снижается, достигая на расстоянии 7,5 мкм от поверхности фоновое значение. Термическая обработка образцов (кривые 5 и 6) привела к уменьшению максимального значения относительного рентгеновского излучения: для древесины, обработанной ПВК – с 2,12 до 1,57%, а для необработанной – до 0,70%. Соответственно уменьшилась и глубина проникновения КФС внутрь древесины: 23,5 и 33,0 мкм.

Изменение свойств поверхности древесины в результате обработки ПВК закономерно отражаются на ее способности склеиваться КФС, что подтверждают данные, представленные в табл. 3.

Таблица 3

Прочность клеевых соединений

Порода древесины	Предел прочности при скалывании, МПа				
	необработанная древесина	древесина обработана ПВК концентрацией			
		10%	16%	20%	30%
Береза	3,13	3,39	3,85	4,22	2,99
Сосна	2,34	-	2,86		

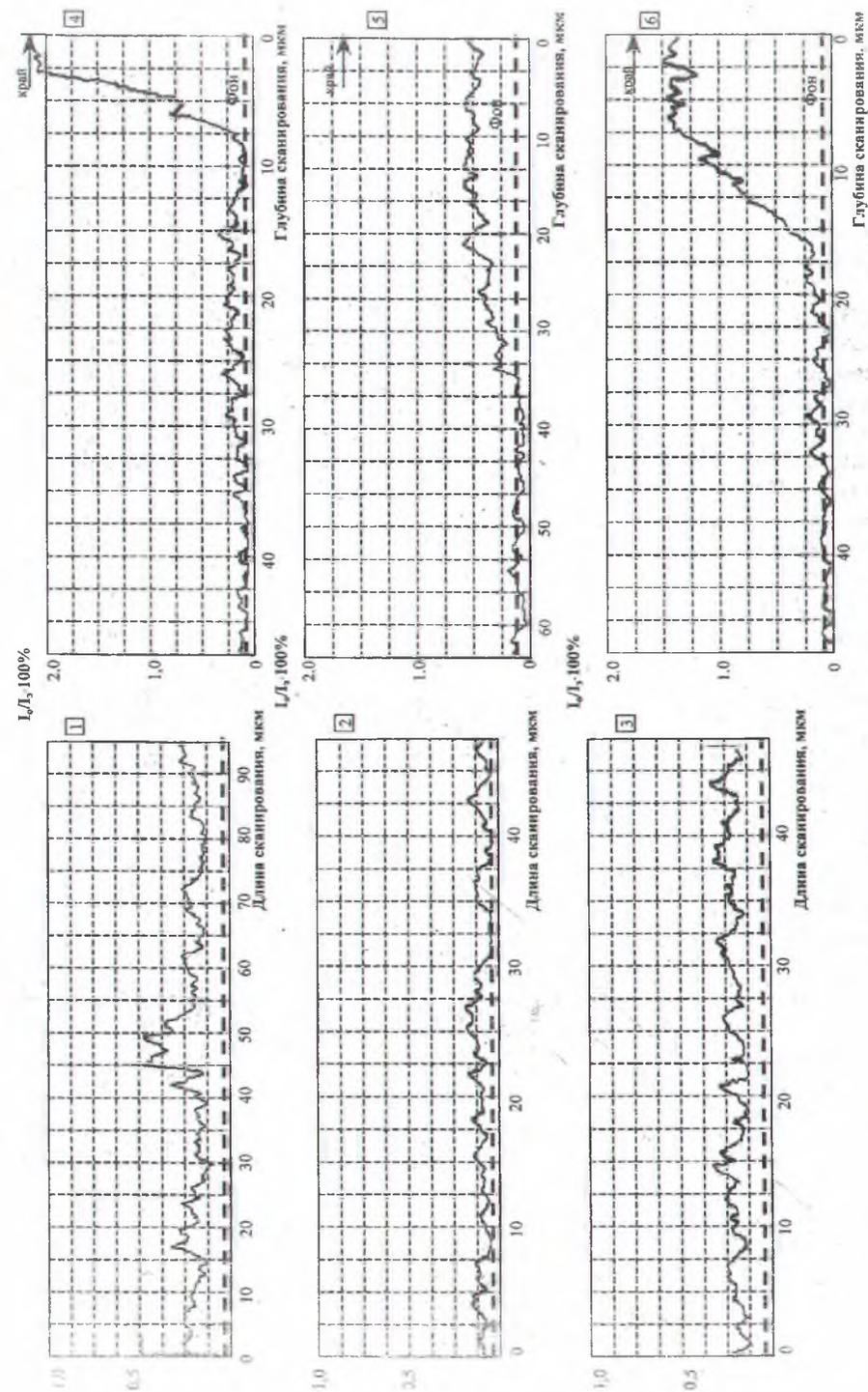


Рис. 5. Концентрационные кривые распределения КФС по поверхности (1-3) и срезам (4-6) образцов: 1, 4 – до термообработки; 2, 3, 5, 7 – после термообработки; 1, 3, 4, 6 – древесина, модифицированная ПВК; 2, 5 – немодифицированная древесина

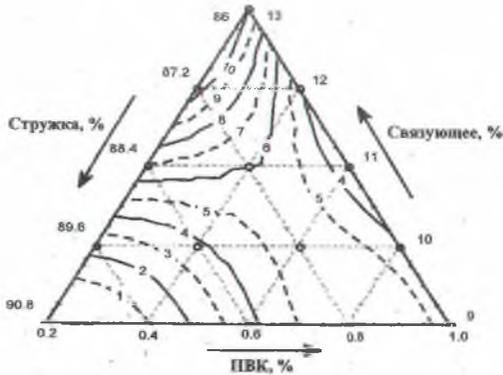
Из табл. 3 видно, что обработка древесины ПВК приводит к увеличению прочности клеевых соединений. Особенно хорошие результаты получаются при использовании рабочих растворов с концентрацией 16 и 20%. Сопоставление данных табл. 3 и 1 показывает, что прочность клеевых соединений тесно коррелирует с параметрами, характеризующими поверхностную энергию древесины. Чем больше критическое поверхностное натяжение, энергия смачивания древесины КФС и энергия адгезии, тем более прочными получаются клеевые соединения.

4. Разработка технологии производства ДСтП с модификацией древесной стружки ПВК включала последовательное решение следующих задач: 1) определение композиционного состава ДСтП; 2) определение условий обработки древесной стружки ПВК; 3) определение режима прессования ДСтП; 4) изучение возможности использования в качестве сырья опилок, обработанных ПВК.

При решении первой из указанных задач ДСтП рассматривали как композиционный материал, состоящий из трех компонентов: древесной стружки, связующего (КФС) и ПВК. Был использован симплекс-решетчатый план Шеффе, который предусматривал варьирование массовой доли ПВК в композиции от 0,2 до 1,0%, а связующего – от 9,0 до 13,0%. В результате реализации плана и обработки экспериментальных данных были получены диаграммы “состав-свойство”, представленные на рис. 6. Их анализ показывает, что физико-механические показатели плит находятся в прямой зависимости от расхода модификатора и КФС. Решение оптимизационной задачи дало возможность рекомендовать следующую рецептуру для приготовления ДСтП: древесная стружка – 87,4%; КФС – 12,0%; ПВК – 0,6%.

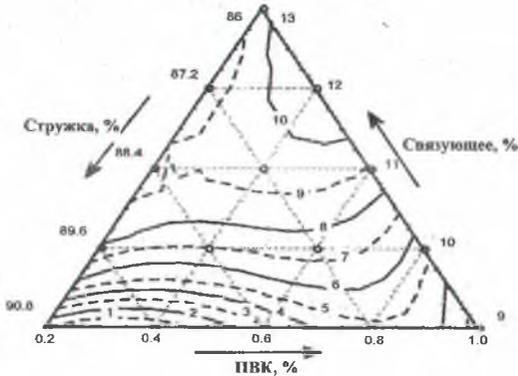
Обработку древесной стружки ПВК предлагается проводить после ее изготовления на стружечных станках и перед сушкой в барабанных сушилках. В этой связи при определении оптимальных условий обработки были выбраны три технологических параметра, которые в наибольшей степени могут повлиять на конечный результат: расход ПВК, концентрация рабочего раствора ПВК и температура сушки стружки после обработки. Эксперимент проводили с использованием плана Коно, который предполагает варьирование факторов на трех уровнях и дает возможность получить математические модели второго порядка. Были построены двумерные сечения поверхностей отклика для предела прочности при изгибе и разбухания по толщине, анализ которых позволил определить оптимальные условия обработки стружки ПВК: концентрация рабочего раствора 19,8%, расход модификатора по сухим веществам – 0,64% при температуре сушки стружки 100°C.

Определение оптимального режима прессования ДСтП, изготавливаемых из древесной стружки, модифицированной ПВК, также осуществлялось с применением плана Коно. В результате реализации плана и обработки экспериментальных данных были получены адекватные уравнения зависимости основных физико-механических показателей плит от параметров прессования. В результате анализа поверхностей отклика было установлено, что увеличение температуры прессования дает положительный результат только при небольшой продолжительности прессования (0,30-0,45 мин/мм). В свою очередь, увеличение



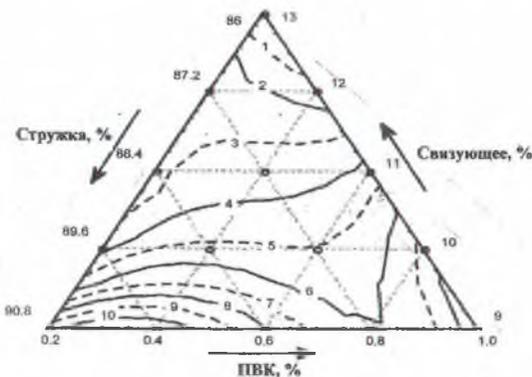
1

1 - $\sigma_1 = 11,0$
2 - $\sigma_1 = 11,4$
3 - $\sigma_1 = 11,9$
4 - $\sigma_1 = 12,4$
5 - $\sigma_1 = 12,9$
6 - $\sigma_1 = 13,4$
7 - $\sigma_1 = 13,8$
8 - $\sigma_1 = 14,3$
9 - $\sigma_1 = 14,8$
10 - $\sigma_1 = 15,3$



2

1 - $\sigma_2 = 0,32$
2 - $\sigma_2 = 0,35$
3 - $\sigma_2 = 0,39$
4 - $\sigma_2 = 0,43$
5 - $\sigma_2 = 0,46$
6 - $\sigma_2 = 0,50$
7 - $\sigma_2 = 0,54$
8 - $\sigma_2 = 0,58$
9 - $\sigma_2 = 0,61$
10 - $\sigma_2 = 0,65$



3

1 - $\Delta b = 24,3$
2 - $\Delta b = 26,7$
3 - $\Delta b = 29,1$
4 - $\Delta b = 31,5$
5 - $\Delta b = 34,0$
6 - $\Delta b = 36,4$
7 - $\Delta b = 38,8$
8 - $\Delta b = 41,3$
9 - $\Delta b = 43,7$
10 - $\Delta b = 46,1$

Рис.6. Диаграммы "состав-свойство": для пределов прочности при изгибе (1), МПа растяжении перпендикулярно пласти (2), МПа: разбухания по толщине (3), %

времени прессования имеет смысл только при низкой температуре нагревательных плит пресса (160-170°C). Давление прессования является менее значи-

мым фактором. В результате решения задачи оптимизации был установлен следующий режим горячего прессования: температура 175-180°C, удельное давление – 2,0 МПа, время выдержки – 0,3 мин/мм.

Положительный результат, полученный при обработке древесной стружки ПВК, дал нам основание подвергнуть аналогичной обработке опилки от лесопиления и деревообработки после чего использовать их для изготовления ДСтП. Расчет строился на том, что прирост прочности клеевых соединений за счет модификации древесных частиц позволит компенсировать снижение физико-механических показателей плит, получаемое из-за неправильной формы опилок. Исследования фракционного состава и размеров специально изготовленной стружки, с одной стороны, и опилок от лесопиления и деревообработки, с другой, показали, что они сопоставимы по своим свойствам. Во всех трех случаях доминирующей является фракция 1,6/1,0 для которой близки между собой значения геометрических размеров и коэффициента формы древесных частиц. Изготовление опытных ДСтП с применением опилок, предварительно обработанных ПВК, показало, что последние могут с успехом заменять специально изготовленную стружку. При этом фракцию опилок 2,5/0 лучше использовать для формирования наружных слоев в количестве до 100%, а фракцию -/2,5 следует вводить во внутренний слой в количестве, не превышающем 50%.

5. Промышленные испытания и внедрение технологии производства ДСтП с модификацией древесной стружки ПВК. Разработанная в диссертации технология была апробирована в промышленных условиях завода древесностружечных плит ОАО “Речицадрев”. Были проведены две опытно-промышленные выработки ДСтП. Промышленные испытания показали, что обработка стружки перед сушкой водным раствором ПВК позволяет улучшить основные показатели качества ДСтП: повысить пределы прочности при статическом изгибе и растяжении перпендикулярно пласти плиты, уменьшить разбухание по толщине, снизить в плитах содержание свободного формальдегида. Несмотря на большую протяженность выработок во времени сбоев в работе технологического оборудования не было. Этот факт доказывает реализуемость разработанной технологии в промышленных условиях и ее способность устойчиво функционировать в течение длительного времени.

Технология производства ДСтП с модифицирующей обработкой древесной стружки ПВК была адаптирована к условиям завода древесностружечных плит ОАО “Речицадрев”. Разработаны “Изменения к технологическому регламенту “Производство древесностружечных плит в ПДО “Речицадрев” (ТИ 182-93)”, которые были утверждены руководством предприятия и приняты к внедрению. Расчет экономической эффективности от внедрения разработки показал, что при объеме производства ДСтП 50 тыс. м³ в год экономический эффект составляет 5413,16 млн. рублей (в ценах 1999г). Фактический экономический эффект составил 101,042 млн. рублей.

ВЫВОДЫ

1. Научно обоснована и разработана технология изготовления ДСтП с использованием ПВК. Доказано, что модифицирующая обработка древесной стружки ПВК позволяет направленно изменять свойства ее поверхности и улучшать за счет этого адгезионное взаимодействие связующего с древесиной [1, 2, 3, 16].

2. Показано, что модифицирующая обработка стружки ПВК улучшает физико-механические показатели ДСтП: предел прочности при статическом изгибе увеличивается на 15-38%, предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты – на 10-17 %, разбухание плит по толщине уменьшается на 7-29%. В ДСтП уменьшается содержание свободного формальдегида (на 23-45 %), они становятся более огнестойкими. Применяя ПВК можно без ущерба для качества плит уменьшить расход связующего на 10% или использовать в составе древесного сырья мягкие отходы лесопиления и деревообработки [1, 3, 7, 8, 9, 10, 15].

3. Установлено, что обработка древесины ПВК с последующей сушкой увеличивает шероховатость ее поверхности. При этом происходит увеличение размера и количества неровностей, а также изменение их формы. В результате обработки поверхность становится более развитой, изобилующей мелкими фрагментами клеточной стенки. При обработке древесины ПВК изменяются энергетические свойства ее поверхности: увеличиваются критическое поверхностное натяжение (поверхностная энергия), энергия смачивания древесины клеевыми материалами, энергия адгезии жидких клеев к поверхности древесины [2, 4, 5].

4. Установлено, что древесина, обработанная ПВК, по сравнению с необработанной, в меньшей степени впитывает КФС во время последующей термической обработки: в первом случае глубина проникновения КФС составляет 23,5, а во втором – 33,0 мкм. В результате на ее поверхности остается большее количество смолы, которая может принять участие в склеивании. Показано, что прочность клеевых соединений древесины после обработки последней ПВК возрастает. При этом прочность склеивания тесно коррелирует с параметрами, характеризующими энергетические свойства поверхности: чем больше критическое поверхностное натяжение, энергия смачивания древесины КФС и энергия адгезии, тем более прочными получаются клеевые соединения [4, 5, 6].

5. Определены оптимальные значения технологических параметров изготовления ДСтП с модифицирующей обработкой древесной стружки ПВК. Оптимальный композиционный состав плит, мас. %: древесная стружка – 87,4; КФС – 12,0; ПВК – 0,6. Стружку целесообразно обрабатывать 20%-ным раствором ПВК перед технологической операцией сушки. Рекомендуемый режим прессования ДСтП: температура 175-180°C, удельное давление – 2,0МПа; продолжительность 0,30 мин/мм [9, 11, 12, 13, 14].

6. Опытные промышленные испытания подтвердили эффективность и реализуемость технологии изготовления ДСтП с модифицирующей обработкой древесной стружки ПВК. Технология внедрена в ОАО "Речицадрев" с фактиче-

ским экономическим эффектом 101,042 млн.рублей (в ценах 1999г.). Ожидаемый годовой экономический эффект при объеме производства 50 тыс. м³ в год составляет 5413,16 млн. рублей [3, 7, 8].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Снопков В.Б., Хмызов И.А., Пикулин И.А. Модификация древесной стружки полиметаллическим водным концентратом в производстве древесностружечных плит // Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Лес-97". Минск, май 1997. – Минск.: БГТУ, 1997. - С. 29.

2. Применение полиметаллического водного концентрата в производстве древесностружечных плит / Снопков В.Б., Пикулин И.А., Хмызов И.А., Демидович Л.А. // Материалы международной научно-технической конференции "Композиционные материалы на основе древесины, их технология, структура, свойства и конструкции из них". Москва, октябрь 1997. – М.: МГУЛ, 1997. - С. 27-28.

3. Пикулин И.А., Снопков В.Б. Использование побочного продукта при добыче нефти в древесно-полимерной композиции для производства древесностружечных плит // Тезисы доклада международной научно-технической конференции "Поликом - 2000". Гомель, 12-13 сентября 2000. – Гомель: ИММС им В.А. Белого, 2000. - С. 95.

4. Модификация древесной стружки полиметаллическим водным концентратом в производстве древесностружечных плит / Снопков В.Б., Хмызов И.А., Пикулин И.А., Сахарук С.М. // Сборник трудов БГТУ. Серия II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. Вып. 5.–Минск: БГТУ, 1997.–С.97-102.

5. Эффективный способ повышения прочности древесностружечных плит / Снопков В.Б., Пикулин И.А., Хмызов И.А., Демидович Л.А. // "Разработка импортозамещающих технологий и материалов в химико-лесном комплексе". Материалы международной научно-технической конференции. Минск, 27-28 октября 1997. – Минск: БГТУ, 1997. - С. 239-240.

6. I.A. Pikulin, V.B. Snopkov The new method of increasing of the quality coefficient of the wood particle board // Technologia drewna:- 12 konf. naukowa Wydzialu Technologii Drewna SGGW. – Warszawa, 1998. – P. 299 – 304.

7. Пикулин И.А., Снопков В.Б. Применение побочного продукта добычи нефти в производстве древесностружечных плит // Комплексная переработка древесного сырья на базе эффективных и энергосберегающих технологий. Тезисы доклада международной научно-технической конференции. Архангельск, июнь 2000. – Архангельск: АГТУ, 2000. - С. 53-54.

8. I.A. Pikulin, V.B. Snopkov The influence of activational treatment of chips by polimetallic concentrate on properties of particle boards // Technologia drewna:- 13 konf. naukowa Wydzialu Technologii Drewna SGGW. – Warszawa, 1999. – P. 311 – 318.

9. Пикулин И.А., Снопков В.Б. Повышение качества древесностружечных плит путем модификации древесной стружки полиметаллическим водным концентратом // *Материалы. Технологии. Инструменты.* – 2000.- №3. – С. 83-85.

10. Пикулин И.А., Снопков В.Б. Применение мягких древесных отходов в производстве древесностружечных плит // *Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности: Материалы международной научно-технической конференции.* Минск, 24-25 ноября 1999. – Минск: БГТУ, 1999. – С. 280-282.

11. Пикулин И.А., Снопков В.Б. Оптимизация режима обработки древесной стружки полиметаллическим водным концентратом в производстве древесностружечных плит // *Сборник трудов БГТУ. Серия II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность.* Вып. 6. – Минск: БГТУ, 1998. – С. 116-120.

12. Пикулин И.А., Снопков В.Б. Применение полиметаллического водного концентрата в производстве древесностружечных плит // *Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Тезисы доклада третьей научно-технической конференции.* Гродно, 25-26 июня 1998. – Гродно. 1998. – С.170-171.

13. Пикулин И.А., Снопков В.Б., Михайлова М.В. Использование мягких отходов деревообработки в производстве древесностружечных плит // *Сборник трудов БГТУ. Серия II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность.* Вып. 7. – Минск: БГТУ, 1999. – С. 122-127.

14. Пикулин И.А., Снопков В.Б. Эффективный способ снижения содержания связующего в древесностружечных плитах // *Древесные плиты: теория и практика. Тезисы докладов научного семинара.* Санкт-Петербург, 17-18 марта 1999г. – С.-Пб.: С.-Пб. ЛТА, 1999. – С. 48-49.

15. Пикулин И.А., Снопков В.Б. Применение побочного продукта добычи нефти в производстве древесностружечных плит // *Изв. вузов Лесн. журн.* – 2001. – №4. – С. 64-68.

16. Заявка № а2000639, МКИ³ В 27 N 3/02. Способ изготовления древесностружечных плит Снопков В.Б., Пикулин И.А., Коротченко Г.В., Шариней П.Н., Хоровьева Л.И., Вериги С.В., Заявлено 04.07.2000.



РЕЗЮМЕ

ПИКУЛИН Игорь Анатольевич

Технология получения древесностружечных плит с использованием полиметаллического водного концентрата

ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫЕ ПЛИТЫ, ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ВОДНЫЙ КОНЦЕНТРАТ, МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ, ПОВЕРХНОСТНАЯ ЭНЕРГИЯ ДРЕВЕСИНЫ, ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ, КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНАЯ СМОЛА, КЛЕЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, ПРОЧНОСТЬ.

Объектом исследований являлась технология производства древесностружечных плит (ДСтП). Цель диссертационной работы – научное обоснование способа направленного изменения свойств поверхности древесины за счет модифицирующей обработки полиметаллическим водным концентратом (ПВК), разработка и практическая реализация на этой основе новой технологии производства ДСтП с применением ПВК.

В работе изучено влияние модифицирующей обработки древесной стружки ПВК на свойства ДСтП. Исследовано изменение поверхностных свойств древесины (критического поверхностного натяжения, энергий смачивания и адгезий, а также топографии поверхности) под влиянием обработки ПВК. Установлено, что обработка древесины ПВК с последующей сушкой увеличивает шероховатость ее поверхности. При этом происходит увеличение размера и количества неровностей, а также изменение их формы. При обработке древесины ПВК увеличиваются энергия смачивания древесины клеевыми материалами и энергия адгезии жидких клеев к поверхности древесины. Исследовано влияние модифицирующей обработки на впитывание карбамидоформальдегидной смолы (КФС) в древесину и определены количественные характеристики этого процесса. Установлено, что древесина, обработанная ПВК, по сравнению с необработанной в меньшей степени впитывает КФС во время последующей термической обработки. Показано, что прочность клеевых соединений древесины после обработки последней ПВК возрастает. Определены оптимальные значения технологических параметров изготовления ДСтП с модифицирующей обработкой древесной стружки ПВК. Опытные промышленные испытания технологии производства ДСтП с модифицирующей обработкой древесной стружки ПВК на заводе ДСтП ОАО “Речицадрев”, подтвердили возможность получения плит с классом эмиссии формальдегида E1 и повышенными физико-механическими показателями. Ожидаемый экономический эффект при объеме производства 50 тыс. м³ в год составляет 5413,16 млн. рублей в ценах 1999 г.

THE SUMMARY

PIKULIN Igor

The technology of the particle board's obtaining with polymetallic water concentrate using.

PARTICLE BOARD, POLYMETALLIC WATER CONCENTRATE, MODIFICATION OF THE SURFACE, SUPERFICIAL WOOD'S ENERGY, SURFACE ROUGHNESS, UREA-FORMALDEHYDE RESIN, GLUED JOINT, STRENGTH.

The subject of inquiry was the production technique of the particle boards (PB). The purpose of the dissertation work is a scientific substantiation of the way of the directed change of the wood surface's properties at the expense modifying processing by a polymetallic water concentrate (PWC), the development and practical realization on this basis of the new PB's production technique with PWC application.

In this work the influence of modifying processing on the PWC wood shaving on PB properties is investigated. The change of superficial properties of wood (critical superficial tension, energy of wetting and adhesion, and also the topography of a surface) under influence of PWC processing is investigated. It is established, that the processing of wood by PWC with the subsequent drying increases a roughness of its surface. Thus there is an increase of the size and quantity of roughnesses, and also the changing of their form. While processing wood by PWC the energy of wood's wetting of glued materials and adhesion's energy of the liquid glued to a surface of wood are increased. The influence of modifying processing on urea-formaldehyde resin (UFR) absorption in wood is investigated and the quantitative characteristics of this process are determined. It is established, that the wood processed by PWC in comparison with raw to a lesser degree absorbs UFR during the subsequent thermal processing. It is shown, that the durability of the wood's glued joints after processing by PWC grows. The optimum meanings of the technological parameters of PB manufacturing with modifying processing of a wood shaving by PWC are determined. The experimental release testings of the PB production technique with the modifying processing of a wood shaving by PWC at the "Rechizadrev" PB factory, have confirmed an opportunity of the plates reception with the class of the formaldehyde issue - E1 and increased physics-mechanical parameters. The expected economic benefit at volume of manufacture 50 thousand m^3 per one year makes 5413,16 mln. roubles in the prices of 1999.

Пикулин Игорь Анатольевич

ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВОДНОГО
КОНЦЕНТРАТА

Подписано в печать 01.03.2002. Формат 60 x 84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,4. Усл. кр.-отт. 1,4. Уч.-изд.л. 1,2.
Тираж 80 экз. Заказ № 96.

УО “Белорусский государственный технологический университет”.
220050, г.Минск, ул. Свердлова, 13а.
Лицензия ЛВ №276 от 15.04.98.

Отпечатано на ротапринте УО “Белорусский государственный
технологический университет”.
220050, г.Минск, ул. Свердлова, 13.