



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

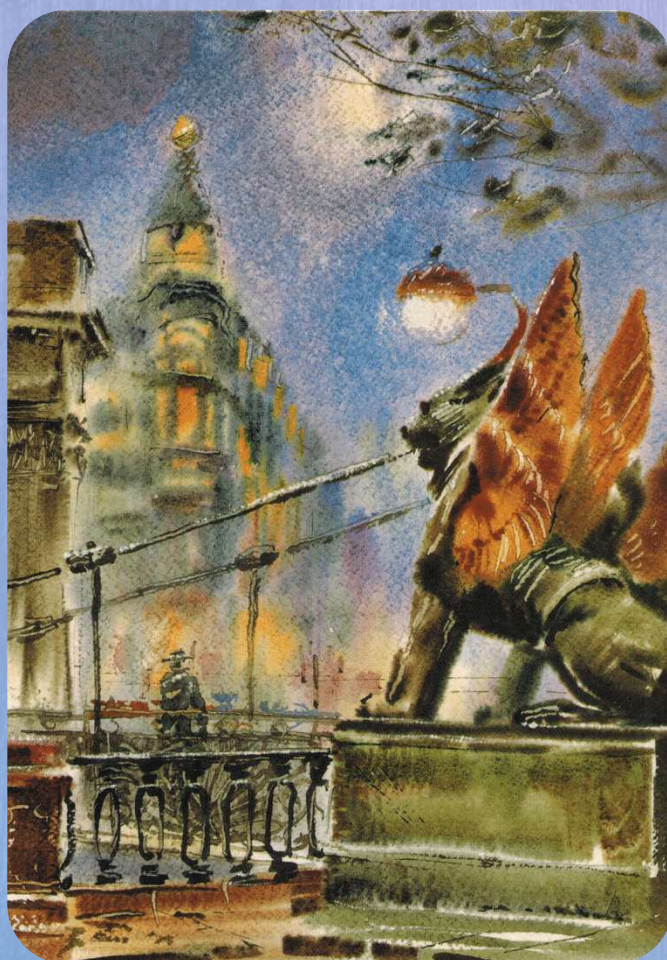
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. С.М. Кирова

.....

Древесные плиты и фанера: теория и практика

XXVIII Всероссийская научно-практическая
конференция

12–13 марта 2025 г.



Санкт-Петербург – 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени С.М. Кирова

Кафедра технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов



**ДРЕВЕСНЫЕ
ПЛИТЫ И ФАНЕРА
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

XXVIII Всероссийская
научно-практическая конференция
12-13 марта 2025 г.



Санкт-Петербург
2025

УДК 674.817 – 41:674.816.3
ББК 37.133.6
С 387

Программный комитет

Председатель – доцент **Мельничук И.А.**, ректор СПбГЛТУ им. С.М. Кирова.

Сопредседатель – профессор **Леонович А.А.**, профессор кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов.

Члены комитета: **Васильев А.В.** – директор института химической переработки биомассы дерева и техносферной безопасности; **Шелоумов А.В.** – заведующий кафедрой технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов.

Организационный комитет

Председатель: **Шайтарова О.Е.** – начальник отдела конгрессной деятельности.

Члены комитета: **Бичева Л.П.** – заведующая лабораторией кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов; **Глазунова М.Г.** – аспирант кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов; **Иванов Д.В.** – доцент кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов; **Чугунова Е.В.** – ведущий специалист отдела конгрессной деятельности; **Герасимова Т.А.** – ведущий специалист отдела конгрессной деятельности.

Ответственный редактор

Заслуженный деятель науки РФ, Заслуженный работник высшей школы РФ, лауреат премии Правительства Санкт-Петербурга, доктор технических наук, профессор **Леонович А.А.**

Редакционный совет

Леонович А.А. – профессор кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов, СПбГЛТУ им. С.М. Кирова; **Иванов Д.В.** – доцент кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов, СПбГЛТУ им. С.М. Кирова; **Глазунова М.Г.** – аспирант кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов, СПбГЛТУ им. С.М. Кирова.

Древесные плиты и фанера: теория и практика: XXVIII Всероссийская науч.-практ. конф., 12–13 марта 2025 г. / Под. ред. А.А. Леоновича: – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2025. – 103 с.

Рассматриваются аспекты образования древесных плит и фанеры, модифицирования свойств, расширения сырьевой базы и повышения их санитарно-гигиенической безопасности. Анализируются условия минимизации эмиссии формальдегида и получения плит пониженной горючести. Приводятся разработки по карбамидоформальдегидным связующим и клеям, парафиновым эмульсиям, бумаги для бумажно-слоистых пластиков. Сообщается о статистике производства древесных плит в Российской Федерации и Республике Беларусь.

Предисловие

Конференция, возникшая в конце 90-х годов, выросла до Международной благодаря широкой популярности среди специалистов Германии, Швеции, и др. стран, которые активно занимаются разработкой теории и технологии древесных плит. В последние годы число участвующих стран, естественно, сократилось. Активность сохраняют коллеги из Республики Беларусь. Продуктивное сотрудничество с учёными и инженерами воплотилось в активное обсуждение актуальных научных проблем. Издания сборников и творческие обсуждения на конференциях способствовали развитию контактов с отраслью и появлению новой тематики, что в определенной степени способствовало прогрессу в технологии древесностружечных и древесноволокнистых плит и их новых модификаций. Даже если это касается некоторых отдельных вопросов, предлагаемые решения существенны для повышения эффективности конкретных производств, для повышения качества и возможной перспективы. Особое значение приобретают аспекты сохранения работоспособности относительно маломощных предприятий в связи с их градообразующей функцией. Благотворное влияние на развитие отечественного производства древесных плит проявилось в посещаемости этих конференций, когда число участников превышало число функционировавших технологических линий нашей страны.

К сожалению, общая ситуация, в отношении творческих связей, в последние годы изменилась не в лучшую сторону. Предприятия несколько утратили интерес к развитию собственных научных разработок. Основное развитие отечественной промышленности базируется на зарубежных технологиях и оборудовании как на наиболее прогрессивных. В силу этого основное содержание нашей деятельности составляют научные исследования и принципиально новые направления в придании эксплуатационно-важных свойств, таких как пониженная горючесть, повышенная водостойкость, санитарно-гигиеническая благонадёжность древесных плит. Центр тяжести научных исследований переместился почти исключительно в вузы страны. Это нашло отражение в содержании научных докладов сборника.

Разумеется, не потеряет значения практическая ценность обмена опытом по конкретным техническим вопросам, который всегда был важным притягательным моментом к участию в конференции. Публичная дискуссия позволит выявить наиболее актуальные вопросы научных исследований и дать коллективную оценку перспективным или иным разработкам и предложениям. Задача оргкомитета состоит в том, чтобы в новых условиях сохранить высокий научный уровень публикаций и основанных на них обсуждений, обеспечить творческую атмосферу и, как всегда, полезность встречи.

О подходах к изучению механизма образования древесных плит

А.А. Леонович

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова*

Древесные плиты – сложнейший продукт процессов и явлений. Изучается исходя из разных научных позиций. Дается анализ распространенных и оригинальных подходов, сопровождаемых краткими примерами, как подготовка к разработке общей теории образования древесных плит.

Ключевые слова: механизмы образования древесных плит, древесностружечные плиты, древесноволокнистые плиты.

У индусов есть притча о том, как у трёх слепцов спросили, что такое слон. Первый потрогал ногу и сказал: «Это колонна, уходящая в небо». Второй коснулся живота: «Это шершавая крыша хижины», третий ощупал хобот и убеждённо произнёс: «Слон, это что-то гибкое длинное и на конце влажное.»

Механизм образования древесных плит изучается избирательно и фрагментарно. Из частных результатов выводятся предположительные закономерности без развития и углубления, без использования необходимых здесь и достаточных доказательств. В известных монографиях по технологии производства конкретных древесных плит тема не раскрыта настолько, чтобы на её основе можно было совершить качественный скачок в создании принципиально новых видов продукции или подойти к эффективным технологическим решениям. Ошибочно считается, что достижение соответствия древесных плит нормам действующих стандартов закрывает необходимость научного развития проблемы.

При механической обработке древесины образуется много отходов. Техническое открытие в создании новой продукции в своё время состояла в том, чтобы исходную древесину целевым образом переработать в подобные отходы, а затем из этих отходообразных частиц сформировать плитный большеформатный материал, обеспечив прочное соединение частиц между собой. Так были созданы из стружек ДСП, из древесных волокон ДВП и другие виды. В основе их лежит один и тот же принципиальный механизм образования плит, несколько совершенствующийся в деталях по мере создания различных видов плит по запросам потребителей.

Механизм – это совокупность промежуточных состояний и процессов, которые претерпевают на разных уровнях образования и взаимодействия используемые компоненты, вследствие чего создаются конкретного вида древесно-плитные материалы. Уровни, на которых происходят превращения древесины, связующих и других добавок, охватывают широкий спектр физических и химических явлений и изучаются различными областями науки. В силу этого подходы к решению вопроса оказываются достаточно разнообразны – от механизма

химических реакций до технологии изготовления. Порядок подходов приведён произвольно, поскольку приоритетность в выработке общих представлений зависит от глубины проработки и концепции будущих создателей теории образования древесных плит.

Технологический подход вначале состоял в использовании общих знаний фанерного и бумажного производств для объяснения механизма образования плит. Накапливались факты, отражающие связь варьируемых технологических факторов с параметрами получаемых древесных плит. Объяснение сущности процессов носило умозрительный характер. Позже возникла задача формальной оптимизации процесса прессования. Возникла необходимость формулировки критерия оптимальности.

Критерий оптимальности – признак, характерный показатель решения задачи, по значению которого оценивается оптимальность найденного решения, то есть максимальное удовлетворение поставленным требованиям. Выражается количественно и изменяется с варьированием переменных монотонно, отражает при этом наиболее существенные стороны процесса. В качестве такого показателя может вступать, например, максимум прочности плиты при минимуме затрат. Или минимизация эмиссии формальдегида до и менее 4,0 мг/100 г а. с. плиты, при прочности на изгиб не менее 25 МПа.

Прессование плит сопровождается уплотнением ковра, частиц и внутренней их структуры для сближения структурных элементов, плотного прилегания их друг к другу в местах контакта и образования достаточно прочных связей, чаще всего с помощью связующих. Помимо давления и температуры как обязательных условий перехода компонентов древесины в высокоэластическое состояние, этому способствует пластификация. Эффект определяется видом и долей пластификатора. Чаще всего выступает в качестве пластификатора вода, а также продукты деструкции и низкомолекулярные соединения древесины. Для

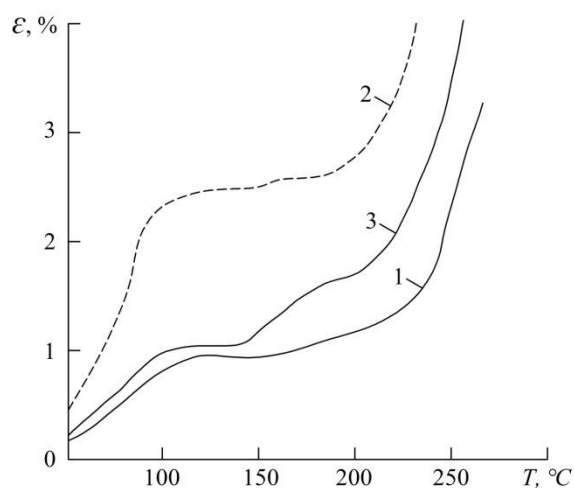


Рис. 1. ТМ-кривые образцов древесины сосны: 1 – древесина в радиальном направлении; 2 – то же, пропаренная, влажностью 53 % (масштаб 1 : 5); 3 – пропаренная и высушенная

ДВП перевод высокомолекулярных компонентов в высокоэластическое состояние является необходимым условием. Методами установления условий для межволоконного взаимодействия в начальной стадии является **термомеханический анализ** (ТМ-анализ).

Использование ТМ-анализа является продуктивным подходом к изучению образования ДВП. Пропарка при размоле существенно снижает границу температурного перехода. Вода сильно увеличивает деформируемость древесины рис. 1. Понятно, что *физико-химический анализ* открывает возможность подойти к пониманию механизма образования ДВП [1].

Размягчение поверхностных соединений древесного волокна, а поверхность в большинстве своём покрыта продуктами деструкции лигнина, необходимо для адгезионного взаимодействия, для химического взаимодействия функциональных групп и для необходимого контакта волокон, тогда как вторичная клеточная стенка продолжает или может ещё находиться в стеклообразном физическом состоянии. Подход к изучению механизма образования ДВП на основе регулирования физических состояний компонентов древесины способствует расширению знаний о механизме образования плит.

Подход к изучению механизма образования плит рассматривается также в связи с изучением *процессов при горячем прессовании* с попыткой раскрыть их сущность. Если на график прессования мысленно нанести основные при прессовании процессы (рис. 2), то их относительная продолжительность выделит самую быструю стадию – установление адгезионного взаимодействия.

Адгезию изучают, пользуясь уравнением Дюпре-Юнга по смачиваемости, мерой которой служит краевой угол θ . Наиболее популярна молекулярная теория адгезии. Согласно ей адгезионное взаимодействие возникает мгновенно, как только между полярными группами установится необходимое расстояние. Но следует учитывать некоторое время для миграции полярных групп друг к другу.

Если исходить из *диффузионной теории адгезии*, то следует учитывать физическое состояние поверхностного слоя склеиваемого субстрата (подложки). Поверхность его для качества должна находиться в размягчённом состоянии. Обеспечивается минимально необходимой влажностью или введением пластификатора, а возможно и возникшего из превращений компонента древесины при пониженной температуре. Помимо сил адгезии между связующим и компонентами древесины может устанавливаться химическое взаимодействие, относительно которого требуется специальное подтверждение.

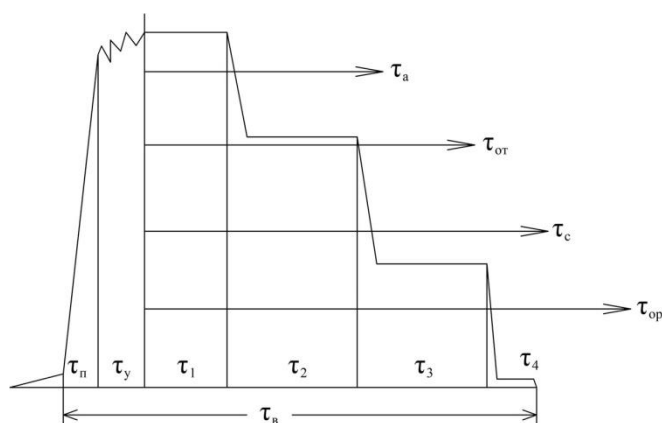


Рис. 2. График прессования ДСП и схема продолжительности процессов: τ_a – установление адгезионного взаимодействия; $\tau_{от}$ – отверждение связующего; τ_c – сушка (испарение и удаление парогазовой фазы); $\tau_{оп}$ – общая релаксация; τ_n – подъём удельного давления; τ_y – упрессовка брикета; $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$ – выдержка плит в прессе при снижающемся давлении; τ_v – полное время прессования

Что касается отверждения связующего, то методы изучения основываются на возрастании вязкости, сокращении числа функциональных групп, росте прочности клеевого соединения, потери растворимости олигомера и др. Скорость регулируется расходом латентного катализатора и режимом прессования. Частной задачей является сокращение выхода токсичных летучих соединений, для формальдегидных связующих – это эмиссия CH_2O .

В условиях прессования происходит перераспределение влажности и это сказывается на качестве прессуемого материала, в нём могут появляться расслоения и так называемые пузыри. Картина довольно сложная, поскольку влага в виде пара из поверхностных слоёв идёт внутрь, там конденсируется и препятствует отверждению связующего. Сброс давления при прессовании требует сбалансированной сушки с учётом развития межчастичных связей во избежание расслоения внутреннего слоя. Регистрация послойной температуры и влажности помогает «увидеть» ситуацию *массообмена* и регулировать режим не только прессования, но и подготовки композиции к горячему прессованию. Учёт массообмена является важным подходом к изучению образования плит.

Прессование деформирует частицы и ко времени разгрузки пресса их структура не приходит в равновесное состояние. Надо учесть возникшие остаточные напряжения и обуславливающие их причины, разработать мероприятия чтобы их снять. Сущность релаксации состоит в подвижности кристаллитов в силовом поле, переходе их в новое положение, соответствующее полученной прессованием форме. Рентгеноструктурным анализом показали факт *переориентации кристаллитов* в новом равновесном состоянии, когда свободные от ограничений деструктированными аморфными участками кристаллиты укладываются нормально приложенному напряжению. Наглядной иллюстрацией возможности такой переориентации для ДВП служит *изменение степень полимеризации (СП) холоцеллюлозы* при горячем прессовании на рис. 3. Пунктирный пик соответствует кристаллитам, а СП более 1200 отражает наличие сшитых фрагментов. Остаточные напряжения отрицательно сказываются на стабильности изделий при службе. Весьма продуктивным к изучению механизма оказался подход с позиции *химии древесины*; изначальная информация, касающаяся двух основополагающих стадий – размола древесины и явлений при межволоконном взаимодействии – обобщены в монографии Н.Я. Солечника [3]. По ограниченности объёма статьи возможно только упомянуть некоторых авторов диссертаций, в которых анализируются вопросы, относящиеся к измене-

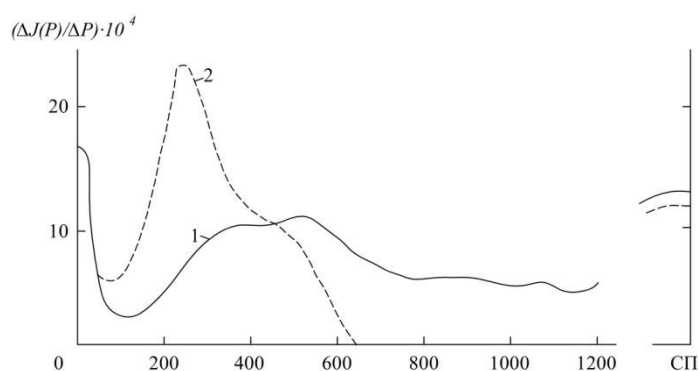


Рис.3. Дифференциальные кривые распределения при фракционировании холоцеллюлозы, выделенные из образцов: 1 – исходного древесного волокна; 2 – ДВП

ниям основных компонентов древесины, принимающих активное участие в образовании структуры ДВП, к участию функциональных групп, особенно гемицеллюлоз и лигнина и модифицированию их для включения в процесс образования. Доктора наук П.Х. Ласкеев, П.П. Эриньш, Т.В. Соловьёва, кандидаты наук А.П. Шишкина, Г.И. Царёв, Г.Е. Гальпер, И.А. Гамова, Н.В. Липцев и др. Научные публикации их достаточно доступны.

Вклад этого подхода существенен и является определяющим для уровня знаний конца XX века. Проблема заслуживает отдельного рассмотрения с позиции последних данных о механизме химических реакций и строении лигнина, с позиции достижений физикохимии полимеров и структуры макроскопических тел. Изучают с установлением стехиометрических соотношений, скорости реакций в широком диапазоне условий, используют методы УФ-, ИК-спектроскопии, ЭПР, ЯМР, масс-спектроскопии.

Научные исследования проводятся, как правило, с использованием *моделей* – идеальных (формулы, уравнения), материальных, мысленных и др. Первоначально составляют *иллюстрирующие модели*, чтобы мысленно представить ситуацию для последующего детально изучения. В частности, составлена модель ДСП (рис. 4) из восьми древесных частиц [2]. Вариант *а, д, е* соответствует нормальному клеевому соединению, *в, г* – ослабленному, *б, ж* – связующее не работает, *з* – разрушаемому релаксацией. По условиям $a > e > d$ из-за снижающегося давления прессования по положению контактирующих частиц, тоже $в > г$. Модель объясняет вариабельность прочности по микроучасткам. Оказалось, что связующее покрывает только треть поверхности частиц, соотношение нормальных и ослабленных клеевых соединений зависит от расхода связующего, а микроконтакты частиц без связующего являются дефектами.

Математическим моделированием представляется возможным рассчитать долю всех трёх видов соединений. К сожалению, мы не нашли способа получить соотношение контактов для уменьшающих по прочности нормальных клеевых соединений. Тогда как для создания полного механизма нужно учесть и условия клеобразования и реальную ориентацию частиц и количественное значение прочности в микрizonaх. *Релаксационная модель* из четырёх элементов, сочетающих известные модели Максвелла и Кельвина, позволяет описать процесс прессования как изменяющуюся во времени деформацию сжатия, развитие остаточных деформаций и сопоставить это с обоснованием режима горячего прессования.

Среди подходов к изучению механизма образования древесных плит, изготавливаемых со связующим, важно не только выявить соотношение нормальных и ослабленных клеевых соединений как присущих всем древесным плитам, но

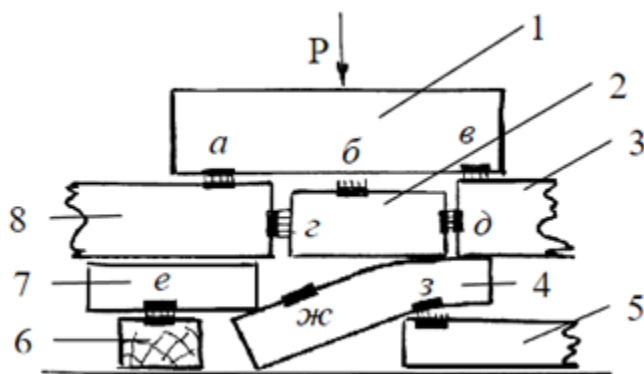


Рис. 4. Модель расположения частиц в ДСП (буквами обозначены клеевые соединения, цифрами обозначены древесные частицы).

и изучить *структуру клевого соединения* как такового, с явлениями смачивания, адгезии, когезии, подготовкой поверхности древесных частиц (подложки) для качественного клевого соединения. Полная схема рассматривается как состоящая из девяти слоёв, и каждый слой влияет на прочность. Имеется возможность управлять их качеством.

Подход к изготавливаемой продукции предполагает достижение стандартных требований. Однако

они не подменяют необходимость более широкого установления технико-эксплуатационных характеристик, особенно в связи с расширением областей использования древесных плит. Полезно оценить *долговечность материала*, возможность утилизации после срока использования, устойчивость к средам службы. Здесь хорошо бы для любых модифицирований оценивать кинетическую прочность, долговечность, биостойкость и пожарную опасность, если древесные плиты предназначены для транспортных средств и строительства. В этой связи нужно изучить ускоренными методами влияние модифицирования на сохранность достигнутых свойств во времени. Следует рассмотреть два аспекта. Первый связан со степенью надёжности модифицирования в ожидаемых условиях службы. Например, повышенная влажность среды или прямое воздействие воды могут вызвать гидролитический распад модификатора и нарушение его связей с веществом древесины, модификатор может мигрировать и удаляться. Кроме того модификатор может подвергаться изменениям, резко изменять кислотность среды и способствовать старению компонентов древесины. Второй аспект связан с оценкой сохранности основных свойств плит. Предлагают ускоренное старение проверять периодическим водопоглощением, замораживанием образцов, их сушкой при нагревании. Это очень жёсткое испытание, которое покажет снижение основных свойств в том числе контрольных образцов.

Известное определение долговечности материалов различной природы, предложенное С.Н. Журковым, основано на кинетической концепции прочности, согласно которой разрушение рассматривается как накопление нарушений во времени и под влиянием приложенных напряжений. Формула, которая называется законом долговечности Журкова, следующая:

$$\tau_p = \tau_0 \cdot e^{\frac{U_0 - \gamma \cdot \sigma_p}{k \cdot T}}$$

где, U_0 – энергия активации процесса разрушения, k – постоянная Больцмана.

Если структурно-чувствительный коэффициент (γ) приравнять к наличию дефектов в клеевых соединениях, то представится возможным рассчитать по порядку величин долговечность (τ_p) модифицированных плитных материалов в переменных напряжения (σ_p) и температуре (T).

Упомянутые подходы не раскрывают само содержание механизма образования древесных плит, но указывают некоторые аспекты для развития научного направления, для более глубокого использования накопленных знаний, чтобы время становления науки о древесных плитах не оставался как «время, когда благое желание «идти вперёд» во много раз превышало знание предмета».

Литература:

1. *Леонович А.А.* Теория и практика изготовления огнезащищённых древесных плит. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1978. – 176 с.
2. *Леонович, А.А.* Физико-химические основы образования древесных плит: учебное пособие. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 264 с.
3. *Солечник Н.Я.* Производство древесно-волоконистых плит. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 338 с.

Производство древесных плит и фанеры в 2024 году

А.П. Шалашов¹

¹АО «ВНИИДРЕВ»

Приведены данные о состоянии и прогнозе развития производства древесных плит и фанеры в России. Сообщается об объёмах производства древесных плит и фанеры в разных регионах России, распределении внутреннего потребления, импорта и экспорта продукции. Названы производители оборудования производства древесных плит, способные заменить на рынке продукцию европейских фирм.

Ключевые слова: производство древесных плит, древесностружечные плиты, древесноволокнистые плиты, фанера.

К началу двадцатых годов в России взамен 225 линий древесностружечных плит и древесноволокнистых плит (ДВП), работавших в СССР, построены десятки новых линий на базе современных технологий общей мощностью более 12 млн. м³/год по древесностружечным плитам и 850 млн. м²/год по ДВП.

В связи с практически закрытием рынков сбыта в Европу и Северную Америку после начала специальной военной операции в 2022 г., объёмы производства плит снизились до: древесностружечных плит – 10,3 млн. м³/год (–9,6 %), ДВП – 650 млн. м²/год (–12 %), однако, по мере адаптации предприятий к изменившимся условиям сбыта и логистики, в 2023 г. увеличились по древесностружечным плитам до 11,6 млн. м³ (+11,3 %), по ДВП до 703 млн. м² (+6,7 %). Такой рост объёмов выпуска древесных плит в 2023 г. (табл. 1) также был обусловлен увеличением производства мебели в натуральном исчислении российскими предприятиями, стремящимися занять освободившуюся нишу после прекращения поставок из недружественных стран. Доля импорта на рынке мебели в России в денежном выражении снизилась с 41 % в 2019 г. до 23 % в 2022 г. [2].

Объёмы производства древесных плит и фанеры в 2024 г. увеличились только на 1 % (табл. 1), что обусловлено исчерпанием эффекта от сокращения импорта мебели, а также повышением ключевой ставки Центрального банка и падением спроса на вторичном рынке жилья.

Таблица 1 – Производство древесных плит и фанеры в России

Тип продукции	Единица измерения	Объёмы по годам					
		2020	2021	2022	2023	2024	% 24/23
Древесностружечные плиты и плиты древесные из ориентированной стружки	млн. м ³	9,9	11,4	10,3	11,6	11,7	+ 1,0 %
Древесноволокнистые плиты	млн. усл. м ²	650	640	649	703	712	+ 1,0 %
Фанера	тыс. м ³	4210	4500	3300	3265	3486	+ 1,0 %

Распределение производств древесных плит и фанеры по территории страны приведено на рисунке. Древесноволокнистые плиты (рисунок, б) выпускаются, в основном, в Центральном и Приволжском Федеральных Округах, а также в Сибири и на Северо-Западе. Древесностружечные плиты (рисунок, а) преимущественно производят в Центральном Федеральном Округе (более 50 %), в Северо-Западном и Приволжском Округах. Производство фанеры практически равномерно распределено по трём округам: Северо-Западному, Приволжскому и Центральному (25...30 %); остальное в азиатской части страны.

б

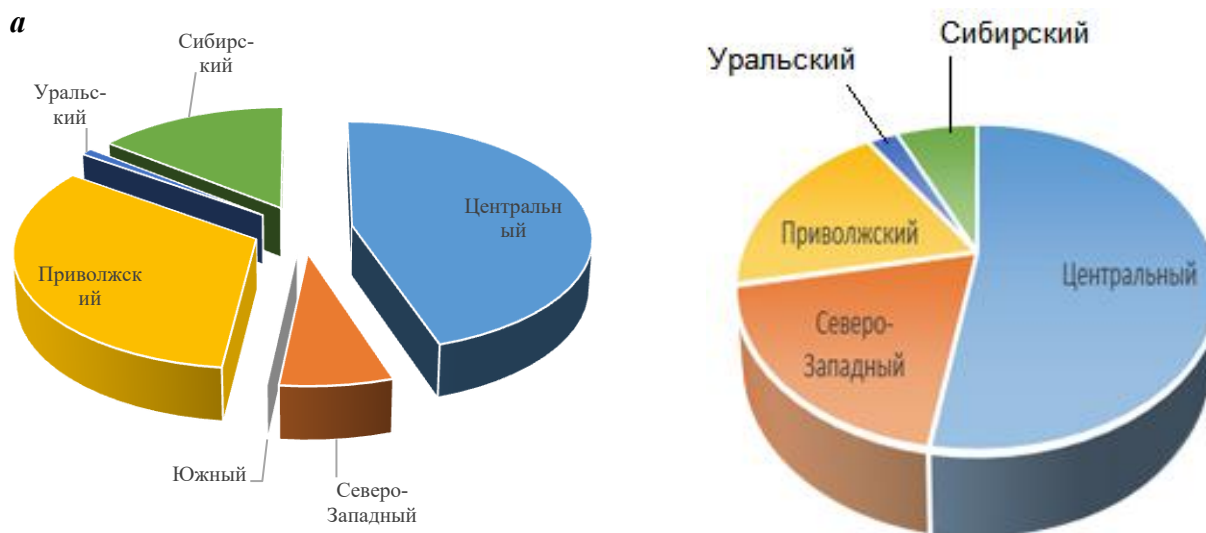
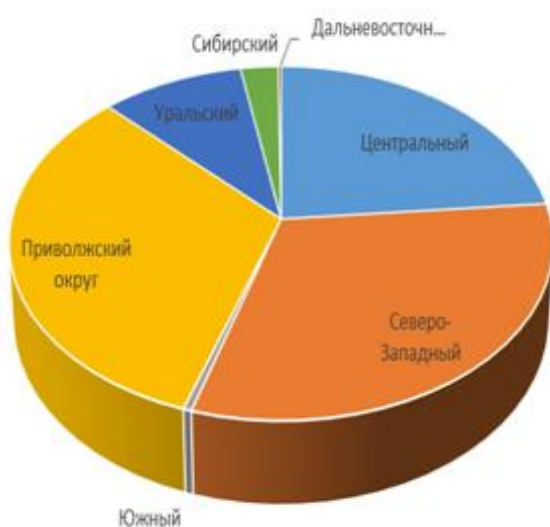


Рисунок. Объёмы производства древесностружечных плит (а), древесноволокнистых плит (б) и фанеры (в) по федеральным округам

в



Структура баланса производства и потребления древесных плит и фанеры в 2024 г. приведены в табл. 2 [1]. Анализ приведённых данных показывает, что в условиях закрытия рынков Европы и Северной Америки основными направлениями экспорта для российских производителей древесных плит являются страны СНГ, Турция и Китай. Для производителей фанеры, у которых в недалёком прошлом объём экспорта доходил до 50 % от объёмов производства, до сих пор есть поставки в США и Египет.

Перспективными направлениями экспорта древесных плит и фанеры остаются Южная и Юго-восточная Азия, Индия и Африка. Основная надежда в его

реализации на запуск на полную мощность торгового пути «Север–Юг». Перспективы дальнейшего развития глобального рынка древесных плит в России, включающего сферы их производства, сбыта, применения и утилизации, во многом будет зависеть от обеспеченности существующих предприятий оборудованием и запчастями, а для вновь создаваемых – от поставок комплектующих технологических линий.

Таблица 2 – Баланс производства и потребления древесных плит и фанеры в России в 2024 году

Тип плит	Производство	Импорт	Внутреннее потребление	Экспорт (оценка)	Страны, %
Древесностружечные плиты, млн. м ³	11,7	–	9,5	2,2	Казахстан – 40 Азербайджан – 15 Таджикистан – 11 Кыргызстан – 9 Китай – 3 Монголия – 3 Турция – 3 Прочие – 14
Древесноволокнистые плиты, млн. усл. м ²	712	50 Беларусь, Китай	697	65	Казахстан – 47 Азербайджан – 23 Таджикистан – 8 Турция – 7 Кыргызстан – 6 Прочие – 9
Фанера, млн. м ³	3,486	–	1,836	1,650	Египет – 27 Китай – 18 Турция – 15 США – 14 Ю.Корея – 6 Казахстан – 4 Израиль – 4 Прочие – 12

После ухода из России традиционных поставщиков оборудования «Siempelkamp» и «Dieffenbacher» их место вполне может занять китайская фирма «Yalian», которая с 2017 г. изготовила более 120 комплектов оборудования для выпуска древесных плит на базе непрерывных прессов. Ширина изготавливаемых плит на линиях фирмы «Yalian» составляет 4...9 футов, или 1,22...2,74 м, длина непрерывного пресса от 20,1 до 69,0 м. Мощность технологических линий может составлять от 300 до 3100 м³/сут. Оборудование фирмы «Yalian» работает и в России. «Kronospan» в 2021 г. запустил линию по производству MDF (древесноволокнистые плиты средней плотности, от англ. *medium density fiberboard*) мощностью 600 тыс. м³/год в г. Людиново Калужской области. Впервые с момента создания отечественных линий «ДСП-25» и «ДВПс» в России разработана, изготовлена и пущена в эксплуатацию в с. Частые (Пермский край) комплектная линия по производству ОСП (плит древесных из ориентированной стружки) мощностью 15 тыс. м³/год. Компания

«Неопарма» и Краснокамский ремонтно-механический завод разработала оборудование линий мощностью 15, 30, 45 и 60 тыс. м³/год на базе однопролетного прессы периодического действия с термомасляным обогревом.

Литература:

1. *Липский В.А.* Ситуация на экспортных рынках плитной и фанерной продукции // Иллюстрационные материалы к докладу в рамках 26-го Петербургского международного лесопромышленного форума 09–10 октября 2024 г. Режим доступа: <https://alestech.ru/library/seminar-material?id=340>, свободный (дата обращения: 20.02.25 г.).

2. *Шалашов А.П.* Возможность развития рынка древесных плит в России // Состояние и перспективы развития производства древесных плит и фанеры: материалы 27-й Всеросс. научн.-практич. конференции 13–14 марта 2024 года / Под ред. Е.П. Гнутовой. Балабаново: Изд-во «ВНИИДРЕВ», 2024. С. 3–12.

УДК 006.065

Практика оценки соответствия продукции техническим требованиям на деревообрабатывающих предприятиях отрасли Республики Беларусь

*Ю.В. Дойлин¹, И.М. Грошев¹, К.И. Тарутько¹, Е.В. Дубоделова²,
А.Н. Волкович³, А.Н. Махонь⁴, И.С. Карпушенко⁴*

¹ *ОАО «Витебскдрев»*

² *УО «БГТУ»*

³ *Концерн «Беллесбумпром»*

⁴ *УО «БГТУ»*

Статья посвящается опыту и предложениям по контролю качества древесных плит, накопленным испытательными центрами Республики Беларусь; техническому нормированию и подтверждению соответствия плитной древесной продукции техническим требованиям международных, межгосударственных и национальных стандартов.

Ключевые слова: техническое регулирование, стандартизация, стандарт международный, стандарт европейский, стандарт межгосударственный, стандарт национальный, контроль качества, листовые древесные материалы.

«Качество – одновременно и конечный результат, и путь. Это наш основной ресурс наряду с трудолюбием, интеллектом и дисциплиной, благодаря которым мы живем в независимой стране вопреки беспрецедентному давлению...»

Президент Республики Беларусь А.Г. Лукашенко 23.01.2025 на церемонии вручения символов Государственного знака качества

Республиканской программой «Качество 2021–2025», разработанной Госстандартом Республики Беларусь, определены:

– обеспечение формирования обязательных требований к продукции с учётом интересов национальных изготовителей;

- развитие инфраструктуры оценки соответствия (испытательные лаборатории, органы по сертификации);
- реализация мероприятий по защите внутреннего рынка;
- планирование и разработка межгосударственных и национальных стандартов на основе передовых международных и региональных;
- участие специалистов в деятельности национальных, региональных и международных технических комитетах по стандартизации, предоставление субсидий организациям на возмещение части расходов по разработке и экспертизе межгосударственных и государственных стандартов;
- оценка результативности и эффективности систем менеджмента, техник качества;
- проведение республиканских конкурсов в области качества;
- повышение компетентности высшего руководства, руководителей и специалистов в области качества, эффективного менеджмента, повышения результативности и эффективности работы персонала, требований отраслевых программ повышения качества и конкурентоспособности продукции и др.

Организации концерна «Беллесбумпром» (далее – *Концерн*) совершенствуют системы менеджмента качества в соответствии с требованиями международных стандартов. Проводится обучение специалистов и руководства предприятий по системам менеджмента, эффективным инструментам и методам управления качеством; решаются вопросы повышения качества и конкурентоспособности продукции (включаются в бизнес-планы развития организаций); разрабатывается система мотивации и вовлечения персонала в улучшение системы менеджмента качества. Обязательно проведение «Дней качества».

В 2024 г. Концерн инициировал проведение круглого стола по вопросам стандартизации деревообработки с участием Госстандарта, БелГИСС, БГЦА, Слуцкого ЦСМС, УО «БГТУ», представителей организаций промышленности, членов технических комитетов ТК ВУ 39 и ТК ВУ 23.

Участники круглого стола рассмотрели актуальные вопросы технического нормирования и стандартизации в отрасли, в т. ч. по испытательной деятельности, обеспечению предприятий современными стандартами на продукцию и методы испытаний, опыт работы технических комитетов отрасли, лучших специалистов отрасли по стандартизации и др.

Участники круглого стола отметили высокий организационный уровень мероприятия, который определялся поддержкой руководства концерна и Госстандарта; активность концерна, предприятий и организаций отрасли; Госстандарта по разработке и внедрению в практику современных стандартов на основе международных; целенаправленную работу концерна и предприятий отрасли в условиях санкционного давления по разработке и внедрению новых инновационных импортозамещающих изделий из древесины; обеспечение профессионально-ориентированной подготовки инженерных кадров и др.

Участники круглого стола рассмотрели и утвердили рекомендации по обеспечению высокого качества и конкурентоспособности продукции и услуг по испытательной деятельности, организации филиалов кафедр на предпри-

ях и др. Предложено проводить круглые столы по актуальным проблемам отрасли ежегодно.

Указом Президента Республики Беларусь № 31 от 17.01.2025 г. «О пятилетке качества» одной из главных задач определено «совершенствование контроля качества, наращивание экспорта и соответствие характеристик товаров растущим запросам потребителей».

Техническое регулирование в рамках ЕАЭС дало импульс развитию стандартизации и техническому нормированию на принципиально новой законодательной базе, приоритетом которой служит применение международных и межгосударственных стандартов при разработке технических регламентов и национальных стандартов.

Деревообрабатывающая промышленность Республики Беларусь – составная часть лесного комплекса страны, составляющая около 2 % производства обрабатывающей промышленности и осуществляющая переработку древесины, производство изделий строительного назначения, мебели, изделий хозяйственного и культурно-бытового назначения, бумаги, картона. Приоритетными задачами деревообрабатывающей промышленности являются:

- снижение затрат на производство и реализацию продукции и достижение оптимального сочетания «цена-качество» за счёт технологического переоснащения производств;
- сокращение отходов и потерь в процессе производства и хранения;
- использование вторичных ресурсов и экологизация производств;
- совершенствование систем менеджмента качества;
- унификация технических нормативных правовых актов (ТНПА) с требованиями современных международных стандартов.

Концерн осуществляет согласованную финансовую, инвестиционную и производственную политику в сфере производства и реализации продукции **лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности**. Концерн осуществляет непосредственное управление предприятиями, выпускающими более 140 видов продукции с различной глубиной переработки древесного сырья.

Производственные мощности предприятий концерна ориентируются на реальный спрос выпускаемой продукции на внешнем и внутреннем рынке, производство экологически эффективной импортозамещающей продукции, увеличение экспорта на 21...25 % к 2025 г. Выход на полную мощность модернизированных производств в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности позволит увеличить с 42 до 60 % продукции глубокой переработки древесины и заменить экспорт древесного сырья продукцией с высокой добавленной стоимостью. Проектным и строительным организациям поручено в обязательном порядке использовать до 80 % продукции отечественного производства для реализации проектов, в т. ч. изделия строительного назначения из древесины.

Со стороны государственных органов в области технического нормирования и стандартизации проводится постоянный мониторинг требований к продукции с учётом действующих национальных, региональных и международных

стандартов. В Республике Беларусь в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь № 529 от 18 октября 2007 г. «О некоторых мерах по развитию деревообрабатывающей промышленности» введены в действие ряд новых предприятий по выпуску древесноволокнистых плит сухого способа производства (LDF, MDF, HDF – от англ. *low*-, *medium*-, и *high density fiberboard* соответственно, древесноволокнистые плиты низкой, средней и высокой плотности) и покрытий напольных ламинированных. Цель инвестиционных проектов – создание эффективных и современных деревообрабатывающих производств, обеспечивающих комплексное и рациональное использование древесины, сохранение ресурсного и кадрового потенциала для освоения выпуска конкурентоспособной экспортоориентированной продукции.

В настоящее время Республика Беларусь производит почти все виды изделий из древесины и листовых древесных материалов. Испытания их на соответствие требованиям ТНПА проводят более 40 аккредитованных испытательных лабораторий, половина из них осуществляют контроль качества листовых древесных материалов и мебели. Однако ни одна из аккредитованных испытательных лабораторий не обладает возможностью проводить испытания данной продукции в полном объеме показателей, в том числе регламентируемых аутентичными международными и европейскими стандартами, принятыми в качестве национальных. Основная причина – отсутствие необходимых ТНПА и соответствующего испытательного оборудования. В сложившихся условиях каждое предприятие вынуждено разрабатывать технические условия (ТУ ВУ) на продукцию, которые позволяли бы сертифицировать её и реализовывать, в основном, на внутреннем рынке и рынке ЕАЭС.

Использование межгосударственных стандартов, подготовленных и предлагаемых к использованию Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАЭС) в качестве рабочих не решает проблемы, так как степень соответствия их европейским и международным стандартам неэквивалентная (NEO) и приводит к различному толкованию результатов испытаний.

Например, ЕАЭС (пр. № 44 от 14.11.2013 г.) предложил в качестве регионального стандарта использовать ГОСТ 32304 «Ламинированные напольные покрытия на основе древесно-волоконистых плит сухого способа производства». В разделе 8 данного документа «Методы контроля» для определения устойчивости покрытия к истиранию рекомендовано использовать ГОСТ 27820 «Детали и изделия из древесины и древесных материалов. Метод определения стойкости защитно-декоративных покрытий к истиранию». При этом классы истираемости ламинированных напольных покрытий необходимо присваивать по EN 13329 «Покрытия напольные ламинированные. Элементы с поверхностным слоем на основе аминопластичных термоотверждающих смол. Технические условия». Это неприемлемо, так как при определении данного показателя результаты испытаний не совпадают. Объяснить этот факт можно тем, что разработчики лоббировали интересы российских производителей. На территории Республики Беларусь данный стандарт не используется.

О разных подходах в решении данного вопроса свидетельствует проходившее 11.01.2018 г. совещание, инициированное Департаментом технического

регулирования и аккредитации Евразийской экономической комиссии, с целью снятия разногласий по проекту методологии выбора для объектов технического регулирования методов исследований (испытаний) и измерений, которые могут быть использованы для реализации требований Технического регламента ТР ЕАЭС 025/2012 «О безопасности мебельной продукции» и осуществления процедур оценки соответствия.

Анализ текущей ситуации в области технического регулирования в деревообрабатывающей промышленности показывает, что прямое применение современных международных (региональных) стандартов в качестве государственных (межгосударственных) в Республике Беларусь послужит инновационным направлением обеспечения разработки и производства безопасной и конкурентоспособной плитной древесной продукции, повышению экспортного потенциала, снижению материалоемкости и энергоемкости производств.

Материалы и изделия из древесины, в том числе древесные плиты – древесностружечных плит, ДВП, и ПНЛ попадают под действие технического регламента Республики Беларусь ТР 2009/013/ВУ «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность» и подлежат обязательному подтверждению соответствия существующим требованиям данного технического регламента и выполнением требований взаимосвязанных ТНПА с использованием для целей подтверждения соответствия методов контроля и испытаний, также установленных во взаимосвязанных ТНПА. Древесностружечные плиты, ДВП, попадают также под действие Технического регламента ТР 025/2012 «О безопасности мебельной продукции».

На территории Республики Беларусь в качестве национальных действуют более 20-ти европейских стандартов, распространяющиеся на древесные плиты.

В каждом из европейских и международных стандартов, принятых в качестве национальных, приведены нормативные ссылки на другие международные стандарты, которые необходимы для их применения. Так, в СТБ EN 300 «Плиты древесно-стружечные. Определение и классификация» указано 28 ссылок на стандарты, из которых гармонизированы только 7. В СТБ EN 717-1 «Плиты древесные. Определение выделения формальдегида. Часть 1. Метод определения выделения формальдегида с использованием испытательной камеры» указан 1 стандарт, который не принят в Республике Беларусь.

В СТБ EN 717-2 «Плиты древесные. Определение выделения формальдегида. Часть 2. Метод определения формальдегида методом газового анализа» указаны 2 ссылки на стандарты, которые не приняты в Республике Беларусь. В СТБ EN 622-5 «Плиты древесноволокнистые. Технические требования. Часть 5. Требования к плитам, изготовленным по сухому методу (MDF)» указано 19 ссылок на стандарты, из которых гармонизированы 2. В СТБ EN 622-2 «Плиты древесноволокнистые. Технические требования. Часть 2. Требования к твердым плитам» указано 14 ссылок на стандарты, из которых гармонизирован 1.

Стоимость приобретения, перевода и актуализации взаимосвязанных стандартов делает применение таких стандартов затруднительным для отдельно взятого предприятия из-за высокой стоимости. Предприятия Республики Беларусь, выпускающие листовые древесные материалы, в основном решают эту

проблему путём использования технических условий собственной разработки, основанных на требованиях международных и европейских норм. Для нашей страны это важно в связи с проводимой государственной политикой по защите внутреннего рынка от ввозимой в страну плитной продукции.

Мониторинг качества ввозимой в Республику Беларусь плитной продукции на соответствие обязательным для соблюдения требованиям ТНПА в области технического нормирования и стандартизации для обеспечения эксплуатационной надежности и безопасности проводится в стране с 07.02.2015 г. во исполнение п. 3 Протокола от 18.06.2015 № 07/57 пр. поручений Премьер-министра Республики Беларусь данных по результатам совещания у Президента Республики Беларусь по вопросам финансового оздоровления и развития деревообрабатывающих предприятий, протокола заседания комиссии по вопросам промышленной политики Совета Министров Республики Беларусь от 25.11.2015 г. № 07/150, а также во исполнение п. 2.2 Протокола Совета Министров Республики Беларусь от 27.04.2016 г. № 07/52 пр. об активизации работы по исследованию и анализу поступающей на внутренний рынок импортной плитной продукции в отношении заявленных характеристик и требований безопасности, установленных законодательством Республики Беларусь и Техническими регламентами Таможенного союза и ЕАЭС.

Обеспокоенность правительства о защите рынка обоснована тем, что в Республику ввозятся из-за рубежа древесные плиты не самого лучшего качества. По результатам испытаний около 30 % поступающих по импорту древесных плит не соответствовали требованиям действующих ТНПА. В сентябре 2017 г. принято решение о создании Центра испытаний плитной продукции на базе ЦЗЛ ОАО «Витебскдрев» с выделением финансовых средств на закупку европейских и международных стандартов, перевода основополагающих стандартов в ранг национальных и приобретения соответствующего испытательного оборудования и средств измерения (протокол заседания Комиссии по вопросам промышленной политики от 03.05.2017 г. № 07/39). В настоящее время в испытательной деятельности ЦЗЛ ОАО «Витебскдрев» использует более 110 международных, европейских ТНПА, национальных и межгосударственных стандартов на их основе для контроля качества древесных плит. Основная задача и цель ЦЗЛ – реализация Политики предприятия в области качества, которая обеспечивается функционированием системы менеджмента качества. ЦЗЛ аккредитована на соответствие требованиям ГОСТ ИСО/IEC 17025 (аттестат аккредитации ВУ/112 2.0250).

ЦЗЛ ОАО «Витебскдрев» осуществляет: входной контроль сырья и материалов; испытания изделий из древесины; радиационный контроль сырья, материалов и готовой продукции; научно-исследовательские работы и разработку технологий по переработке отходов, очистке сточных вод и воздуха; разработку технических условий; санитарно-гигиенический контроль условий труда на рабочих местах, экологический контроль. Несмотря на более чем двадцатилетний опыт работы ЦЗЛ ОАО «Витебскдрев» по проведению испытаний изделий из древесины, многократной подготовке лаборатории к аккредитации, специали-

стам лаборатории пришлось столкнуться с рядом трудностей при использовании европейских и международных стандартов.

Во-первых, это низкое качество переводов на русский язык европейских и международных стандартов, использование в них терминов и определений, не соответствующих общепринятым. Подробно о проблемах использования европейских и международных стандартов в деревообрабатывающей отрасли изложено в [1, 3, 4].

Во-вторых, следует отметить некачественное изложение стандартов на основе европейских и международных техническими комитетами по стандартизации ЕАЭС.

В отношении окончательной редакции проекта межгосударственного стандарта «Плиты древесно-волоконистые полутвёрдые и твёрдые. Технические условия» специалистами ЦЗЛ сделано более 20-ти замечаний, т. к. при его подготовке не были учтены требования стандартов – EN 316, EN 622-1, EN 622-2, EN 622-3, EN 13986, ГОСТ 4598, ГОСТ 7016, EN 326 и других ТНПА. По проекту ГОСТ 4598–2018 не были учтены замечания ЦЗЛ и требования ГОСТ 19592, ГОСТ 10635. Разработчику направлено письмо с просьбой внести изменения и поправки и переиздать ГОСТ 4598 в максимально сжатые сроки. Предложение было принято.

По проектам ГОСТ (пересмотр ГОСТ 32687–2014, ГОСТ 32274–2013, ГОСТ 32297–2013) разработчику направленно 26 замечаний и поправок с учётом требований EN 622-5 и EN 14322.

По окончательной редакции ТР ТС 025/2012 «О безопасности мебельной продукции» в адрес разработчика концерн направил шесть замечаний и предложений, в т. ч. по определению летучих органических соединений (ЛОС) из мебельных изделий. К сожалению, они не были приняты разработчиком. Специалисты ЦЗЛ также направили предложения по внесению изменений в ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки»; ГОСТ 32155 и ГОСТ 10633 с последующим принятием стандарта на территории Республики Беларусь.

Ввиду того, что технические требования к плитам древесным и методы их контроля и испытаний изложены в стандартах разного уровня стандартизации (национальном, региональном и международном), Госстандарт Республики Беларусь рекомендовал включить их в область аккредитации ЦЗЛ и производить испытания с помощью методов, удовлетворяющих требованиям потребителей Республики Беларусь, стран ЕАЭС и ЕС. Связано это с тем, что методы испытаний плитной древесной продукции в ЕАЭС (регламентируемые согласованными межгосударственными стандартами) значительно отличаются от методов, содержащихся в международных и европейских стандартах. Для их гармонизации, на наш взгляд, необходимо членам ЕАЭС принимать международные стандарты в виде идентичной или модифицированной степени соответствия. Различный подход к методу определения того или иного показателя качества древесных плит приводит к несовпадению результатов испытаний.

Методы испытаний, изложенные в ряде международных стандартов и испытательное оборудование, носят рекомендательный характер и эффективность их использования можно проверить только после приобретения и ввода в экс-

плуатацию, например, использование спектрофотометров с кюветой 50 см³ вместо 10 см³. Имеются определённые трудности по подбору измерительного оборудования, его ценой деления, площадью измерительной поверхности, химическому составу материалов для изготовления вспомогательных приспособлений и требованиям к их качеству, а также метрологическому контролю измерительного оборудования. Зачастую самим приходится разрабатывать и оформлять методики выполнения метрологического контроля закупаемого импортного испытательного оборудования и расчёту неопределённости результатов измерений с применением такого оборудования. Отсутствуют учебные центры по повышению квалификации специалистов по работе на испытательном оборудовании по методам испытаний, приведённых в международных стандартах. Не для всех показателей в международных стандартах приведена периодичность контроля, например, для покрытий напольных ламинированных.

Примером решения проблемы при использовании международных и европейских стандартов на методы испытаний может служить производственный контроль формальдегида в MDF и древесностружечных плитах, который осуществляется перфораторным методом согласно EN 12460-5. В ЕС контроль осуществляется с применением QCL (*Quality Control Limit*) в корреляции с камерным методом контроля. Для разных рынков и покупателей эти показатели отличаются по допустимому уровню и методу контроля.

С 2000 г. регламентируется количество свободного формальдегида, выделяемого из фанеры, MDF и древесностружечных плит. В зависимости от количества выделяемого формальдегида продукция может относиться к классам эмиссии E1 или E2. С 2006 г. класс E1 стал обязательным для производителей фанеры и плитных материалов.

Предельно допустимое значение формальдегида в древесных плитах, уровень миграции, методы контроля подробно изложены в материалах Международной научно-практической конференции [2, 5, 6]. Опыт применения международных и европейских стандартов в качестве государственных производителями листовых древесных материалов Республики Беларусь положителен, о чём свидетельствует наличие сертификатов соответствия как Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь, так и CARB или EPA TPC (TSCA), CARB-/IKEA (до введения санкций).

Аккредитация испытательных центров позволяет осуществлять контроль плитной продукции на соответствие требованиям европейских и международных стандартов, существенным требованиям TP 2009/013/BY и в полном объёме реализовать План мероприятий по сертификации продукции деревообрабатывающих организаций, входящих в Концерн, осуществлять мониторинг качества поступающих в Республику Беларусь по импорту листовых древесных материалов и положительно влиять на объём экспорта плитной продукции, её конкурентоспособность, повышение её качества и безопасности.

Обучение сотрудников ЦЗЛ методам испытаний плитной продукции, использования измерительного оборудования для этих целей в соответствии с требованиями европейских и международных стандартов проводилось в Германии. Авторы предлагают ввести в статус межгосударственных стандартов

европейские нормы, устанавливающие требования к листовым древесным материалам и методам их испытаний.

Литература:

1. *Грошев И.М., Буркин А.Н., Дубоделова Е.В.* Проблемы использования международных стандартов в отрасли производства листовых материалов // Состояние и перспективы развития производства древесных плит: материалы 19-й Международной научн.-практич. конференции 16–17 марта 2016 года. / Под ред. Е.П. Гнутовой. Балабаново: Изд-во «ВНИИДРЕВ», 2016. С. 15–21.

2. *Грошев И.М., Дойлин Ю.В., Кожемяко А.А., Тарутько К.И., Толстик Ю.В.* Требования международных стандартов к формальдегиду в изделиях из древесных материалов // Состояние и перспективы развития производства древесных плит: материалы Международной 23-й научн.-практич. конференции 18–19 марта 2020 г. / Под ред. Е.П. Гнутовой. Балабаново: Изд-во «ВНИИДРЕВ», 2020. С. 34–54.

3. *Грошев И.М., Терентьева Е.А., Тарутько К.И., Василевский И.В., Смоляков А.В.* Особенности аккредитации испытательных лабораторий по контролю качества древесных плит на соответствие требованиям европейских и международных стандартов // Состояние и перспективы развития производства древесных плит: материалы Международной 21-й научн.-практич. конференции 21–22 марта 2018 года. / Под ред. Е.П. Гнутовой. Балабаново: Изд-во «ВНИИДРЕВ», 2018. С. 48–61.

4. *Кожемяко А.А., Грошев И.М., Дубоделова Е.В.* Сравнительный анализ подтверждения соответствия плит МДФ требованиям национальных, межгосударственных стандартов на основе европейских норм // Состояние и перспективы развития производства древесных плит: материалы Международной 23-й научн.-практич. конференции 18–19 марта 2020 года / Под ред. Е.П. Гнутовой. Балабаново: Изд-во «ВНИИДРЕВ», 2020. С. 56–61.

5. *Кожемяко А.А., Дубоделова Е.В., Грошев И.М., Божелко И.К., Леонович О.К., Толстик Ю.В.* Опыт использования европейских стандартов лабораториями отрасли для контроля качества листовых древесных материалов // Современные подходы и предложения по обеспечению экологической, химической и санитарной безопасности технологических процессов производства формальдегидных смол и продукции на их основе: материалы Международной научн.-практич. конференции 29–30 октября 2020 года / Под ред. И.М. Грошева. Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2021. С. 8–10. EDN: NWEDOC.

6. *Толстик Ю.В.* Подтверждение соответствия техническим требованиям по безопасности листовых древесных материалов на предприятиях холдинга BORWOOD // Современные подходы и предложения по обеспечению экологической, химической и санитарной безопасности технологических процессов производства формальдегидных смол и продукции на их основе: материалы Международной научн.-практич. конференции 29–30 октября 2020 года / Под ред. И.М. Грошева. Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2021. С. 74–78. EDN: ZVNWBE.

Формирование кадрового инженерно-технического потенциала в системе образования Республики Беларусь для деревообрабатывающей отрасли

**Ю.В. Дойлин¹, И.М. Грошев¹, Е.В. Дубоделова²,
А.Н. Махонь³, И.С. Карпушенко³**

¹ОАО «Витебскдрев»,

²УО «БГТУ»,

³УО «БГТУ»

«Docendo discimus / Обучая – мы учимся»

Латинская пословица

«Homines dum docent discunt / Люди учатся, пока они учат»

Сенека

Рассматриваются вопросы подготовки инженерно-технических кадров и специалистов высшей категории для предприятий деревообрабатывающей отрасли Республики Беларусь, реализации нормативно-правовых требований в системе образования и опыт участия предприятий отрасли в формировании инженерно-технического потенциала, внедрения практико-ориентированной системы непрерывного инженерного образования на действующих предприятиях отрасли.

Ключевые слова: инженерно-технические кадры, система образования, дорожные карты сотрудничества, программы обучения, образовательные стандарты, практико-ориентированная подготовка, профессиональные классы инженерной направленности, целевая подготовка, филиалы учреждений образования на промышленных предприятиях, метрологический образовательный кластер.

Основным направлением повышения качества человеческого капитала в Беларуси является образование, в том числе:

- расширение подготовки специалистов высшей квалификации по приоритетным специальностям, обеспечивающим развитие высокотехнологичных производств с учётом новейших достижений науки;
- трансформация образовательной сферы на основе развития модульной системы формирования компетенций (образование на протяжении всей жизни);
- создание организационных и правовых условий для привлечения ведущих учёных к подготовке высококвалифицированных специалистов и научных кадров высшей квалификации.

Инструментами стимулирования научно-технического развития является развитие кадрового потенциала как ключевого фактора перспективной модели развития Беларуси. В рамках активизации процессов создания передовых технических укладов общими принципами развития кадрового потенциала в Беларуси становятся:

1. Усиление кооперации образования, фундаментальной и прикладной науки (целевая подготовка научных работников высшей квалификации, реализация концепции «Университет 3.0», обеспечивающая единство системы «образование – наука – инновации – коммерциализация – производство», развитие сети отраслевых лабораторий, науки по приоритетным направлениям с учётом региональных особенностей, обеспечение практической ориентированности образования, тесное взаимодействие университетов с отраслями и организациями – заказчиками кадров, ускоренное развитие материально-технической базы учреждений образования Беларуси, а также заводских исследовательских лабораторий (центров) и т. д.);

2. Стимулирование развития творческих, изобретательских и предпринимательских способностей личности на протяжении всей жизни;

3. Цифровизация образовательных технологий;

4. Интеграция в мировые образовательные сети [5].

Указом Президента Республики Беларусь №31 от 17.01.2025 г. период 2025–2029 гг. объявлен пятилеткой качества, которая предполагает повышение уровня подготовки и конкурентоспособности кадров для работы в условиях современных вызовов, обеспечение доступности высоких стандартов образования.

В Беларуси выстроена достаточно действенная система по подготовке инженерных кадров. 17 декабря 2024 г., в ходе совещания по вопросам качества подготовки инженерных кадров, Министр образования Андрей Иванец назвал подготовку квалифицированных инженерных кадров залогом развития экономики и технологического суверенитета нашей страны. Сегодня каждый пятый студент наших ВУЗов – будущий инженер. Учитывая возрастающие потребности, доля набора на инженерные специальности за последние годы увеличена до 34 % от общего числа студентов. Министр отметил, что программы обучения и образовательные стандарты должны отвечать современным требованиям. Обучение инженерных кадров должно быть опережающим, так как технологии внедряются намного быстрее. Министерство образования реализует дорожные карты сотрудничества с ключевыми ведомствами. Это позволяет привлечь более чем 4 тыс. специалистов реального сектора экономики для образовательного процесса в ВУЗах, что является важным аспектом для обеспечения связи образования с производством. **Трендом современного образования в Беларуси становится отказ от непрофильной подготовки в технических ВУЗах.** По поручению Президента Республики Беларусь в 2025 г. более 70-ти специальностей по непрофильным направлениям в инженерных ВУЗах будут закрыты, что позволит обеспечить узкую специализацию ВУЗов. Ещё одним направлением развития технического образования в Республике Беларусь стало открытие с 2023/24 учебного года инженерных классов в школах страны.

Подготовку инженерных кадров учреждение высшего образования страны осуществляется по более чем 185-ти инженерным специальностям. Ежегодный прием абитуриентов на инженерные специальности составляет около 17 тыс. человек. На уровне среднего специального образования для организаций Минпрома открыта подготовка по 40-ка специальностям, на уровне профтехобразо-

вания – более 16-ти специальностей. В 2023 г. приём на уровне среднеспециального образования составил около 6 тыс. человек, на уровне профессионально-технического образования – более 8 тыс. человек.

Ежегодно актуализируется перечень наиболее востребованных экономикой специальностей, поступление на которые для определенных категорий выпускников возможно без вступительных испытаний или вне конкурса. Разработан комплекс мер, направленных на приведение структуры подготовки кадров в соответствие с запросами экономики – переориентация абитуриентов на востребованные экономикой инженерно-технические специальности, усиление их практико-ориентированной подготовки. Систематизации такой деятельности способствовали изменения, внесённые в общегосударственный классификатор «Специальности и квалификации» в 2022 г. [1].

К сожалению, подготовка специалистов, в том числе и высшей категории, сопряжена с рядом проблем и одна из них – несовершенная материальная база учреждений образования. Как следствие – выпускникам ВУЗов после трудоустройства приходится дополнительно осваивать работу с новейшим оборудованием и современными технологиями. Второй проблемой можно назвать невысокую популярность у современных абитуриентов специальностей инженерного профиля.

Учитывая озабоченность общества в повышении эффективности подготовки кадров, их технической и интеллектуальной компетентности, повышению интереса абитуриентов к инженерно-техническим специальностям, в Республике Беларусь уделяют значительное внимание реализации мероприятий, изложенных в нормативно-правовых актах, например:

1. Постановлением Министерства образования Республики Беларусь 19.07.2024 г. № 86 Учебная программа утверждена факультативных занятий «В мире техники и технологий: выбираем инженерную профессию» для X–XI классов учреждений среднего образования. Цель программы – формирование у учащихся технологической культуры, позитивного отношения к инженерной деятельности, готовности к осознанному выбору инженерного направления для продолжения образования;

2. Дорожная карта, утверждённая Министром образования Республики Беларусь 06.06.2024 г., по развитию сети профильных классов инженерной направленности в учреждениях общего среднего образования. Для обсуждения и утверждения, представлена Концепция непрерывного инженерного образования в Республике Беларусь, научно-методического обеспечения развития непрерывного инженерного образования в Республике Беларусь на основе межуровневой образовательной интеграции и др.;

3. В каждом областном центре разработаны и утверждены региональные программы развития сети профильных классов (групп) инженерной направленности до 2030 г., с 2025 г. проводятся Ярмарки целевой подготовки «Я выбираю профессию» с участием организаций – заказчиков кадров для выпускников XI классов; ежегодно проводится республиканская неделя инженерии в рамках Всемирного дня инженерии.

Целевая подготовка специалистов с общим или специальным высшим образованием регулируется различными нормативно-правовыми актами, включая Кодекс Республики Беларусь «Об образовании», Положение о целевой подготовке специалистов, рабочих, служащих, утвержденное постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 572 от 31.08.2022 г. и другими.

В рамках программы социально-экономического развития Беларуси на 2021–2025 гг. предусмотрено повышение конкурентоспособности образования, включающего развитие дополнительного образования, систему общего среднего образования, систему профессионального образования, усиление практико-ориентированности образовательного процесса, в т. ч. создание научно-производственных кластеров, дополнительное образование взрослых, довести удельный вес учреждений образования, реализующих образовательные программы повышения квалификации руководящих работников и специалистов в дистанционной форме получения образования до 50 % [4].

В государственных, региональных, отраслевых программах качества на 2021–2025 гг. особое место уделено подготовке и повышению квалификации инженерных кадров, специалистов по стандартизации и метрологии, цифровой трансформации экономики.

Одним из приоритетных направлений развития организацией деревообрабатывающей отрасли является «Кадровая стратегия. Подготовка (переподготовка) кадрового потенциала», изложенная в программе развития концерна «Беллесбумпром».

Главной целью кадровой политики на деревообрабатывающих и мебельных производствах является обеспечение отрасли высококвалифицированными руководящими работниками, специалистами и рабочими на основе эффективной системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров всех уровней, их трудоустройства и закрепления на производстве, создания благоприятных условий для производительного, материально- и морально-мотивированного труда, профессионального роста.

Предприятия отрасли восполняют потребность в кадрах как за счёт внешних, так и внутренних источников. К внешним источникам относятся учебные заведения Республики Беларусь и территориальные центры занятости. Внутренними источниками являются переводы работников при упорядочении численности и совершенствовании структуры управления (с предварительным обучением).

Ведущим республиканским ВУЗом по подготовке специалистов для деревообрабатывающей отрасли является Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет». УО «БГТУ» ведёт подготовку узкоспециализированных кадров по направлениям «Технология деревообрабатывающих производств», «Машины и оборудование лесного комплекса», «Химическая технология переработки древесины», «Технология древесных плит и пластиков», «Автоматизация технологических процессов и производств». Количество выпускников УО «БГТУ» в организациях отрасли составляет 59 % от всех принятых молодых специалистов.

В состав УО «БГТУ» в 2013 г. включены пять колледжей в качестве филиалов университета: «Белорусский государственный колледж промышленности строительных материалов», «Полоцкий государственный лесной колледж», «Витебский государственный технологический колледж», «Бобруйский государственный лесотехнический колледж», «Гомельский государственный политехнический колледж».

С целью повышения качества получаемого образования в соответствии с учебным планом студенты ежегодно проходят производственную практику на основных промышленных предприятиях страны. В состав Государственных экзаменационных комиссий ежегодно включаются руководители и главные специалисты крупнейших предприятий отрасли, а также работники аппарата управления концерна. Для повышения квалификации инженерно-технических работников мебельной отрасли в УО «БГТУ» организованы курсы по следующим направлениям:

- дизайн мебели и интерьера;
- технология производства мебели;
- дизайн и проектирование мебели;
- технология и оборудование производства мебели и столярно-строительных изделий.

Для максимального использования в учебном процессе передовых технологий на ОАО «Речицадрев» и РУП «Завод газетной бумаги» созданы филиалы кафедр технологии деревообрабатывающих производств и технологии и дизайна изделий из древесины. Ректор УО «БГТУ» входит в состав Совета концерна «Беллесбумпром».

Основные задачи в области кадровой политики в деревообрабатывающей и мебельной отраслях, следующие:

- организация и дальнейшее совершенствование многоуровневой системы подготовки высококвалифицированных специалистов и рабочих кадров для мебельного и деревообрабатывающего производства;
- повышение качества подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров деревообрабатывающей отрасли на основе новых форм и методов обучения, современных образовательных технологий, компьютерных тренажеров, иных технических средств;
- обеспечение регулярного повышения квалификации специалистов деревообрабатывающего профиля массовых профессий и рабочих в связи с внедрением новых технологий и современной техники;
- содействие развитию профориентации учащейся молодежи через сеть подшефных школ и средних специальных учреждений образования;
- создание благоприятных условий для закрепления молодых специалистов на производстве и их профессионального роста;
- содействие раскрытию творческого потенциала работников через вовлечение их в рационализаторскую и изобретательскую деятельность;
- обучение сотрудников организаций концерна и концерна по управлению проектами, программами и портфелями проектов, основанных на ведущих ми-

ровых стандартах: PMI PMBOK Guide, ICB IPMA, PRINCE2, «*A Guidebook for Project and Program Management for Enterprise Innovation*».

В целях совершенствования форм и методов оценки деятельности персонала на предприятиях концерна активизируются работы по аттестации руководителей и специалистов, а также формированию действенного кадрового резерва из специалистов в возрасте до 30 лет с высшим образованием для подготовки и выдвижения на управленческие должности. Концерн «Беллесбумпром» взаимодействует с УО «БГТУ» путём заявок и договоров на подготовку специалистов и их распределение. Кроме того, «поставщиками» кадров для концерна являются УО «Белорусский государственный технологический университет», Белорусско-Российский университет, УО «Брестский государственный технический университет», УО «Витебский государственно технологический университет», УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», УО «Полоцкий государственный университет».

С учебными заведениями концерн «Беллесбумпром» выстраивает долгосрочные отношения. Так 19 % отраслевых организаций заключили договора о взаимодействии с рядом ведущих учреждений образования страны – УО «Белорусский государственный технологический университет», УО «Белорусский национальный технических университет», УО «Полесский государственный университет», УО «Гомельский государственный политехнический колледж» и др.

Молодым специалистам концерн предоставляет комплекс мероприятий трудовой и социальной адаптации, правовые и экономические гарантии для профессионального роста. С молодежью заключается контракт на максимальный срок с установлением повышения тарифной ставки и последующим увеличением процента премирования, оказывается материальная помощь, оплачивается в размере полной или частичной стоимости путёвки санаторно-курортные и оздоровительные учреждения. За молодыми специалистами закрепляются наставники из числа высококвалифицированных руководителей, специалистов и передовых рабочих.

Делающие первые шаги в профессии парни и девушки также могут рассчитывать на оплату своего обучения в ВУЗах и колледжах по специальностям, необходимым для работы в организациях «Беллесбумпрома». Им оплачивается отпуска на время экзаменационных сессий. Выплаты до пяти базовых величин сверх установленных законодательством нормативов положены молодым работникам в случае призыва на службу в Вооруженных Силах и при возвращении после её окончания и др. социальные бонусы.

Для закрепления специалистов на производстве в дополнение к мерам поддержки, прописанным в коллективных договорах, организации проводят для молодых специалистов дотацию горячего питания, предоставляют рассрочку платежа при приобретении продукции собственного производства, а после года работы – добровольное медицинское страхование за счёт средств нанимателя.

Для популяризации профессий в сфере деревообрабатывающего, мебельного и целлюлозно-бумажного производства организации участвуют в ярмар-

ках профессий для школьников и студентов, организуют встречи с учащейся молодежью, проводят экскурсии на предприятиях. Ежегодно трудиться в отрасли проходят около 380-ти молодых специалистов и рабочих [4].

Обеспечить отрасль высококвалифицированными специалистами, способствовать повышению их квалификации, закрепить работающую молодежь на производстве и создать благоприятные условия для профессионального роста – такими целями руководствуется концерн деревообрабатывающей промышленности в своей кадровой политике.

В зависимости от производственных потребностей организации Концерн занимаются непрерывным профессиональным обучением своих рабочих. Для повышения уровня знаний сотрудников предприятия обеспечены учебными классами и всеми необходимыми инструментами, имеют необходимый библиотечный фонд. Высококвалифицированные специалисты способны давать как теоретические, так и практические знания для использования их на практике.

Большинство организаций отрасли размещают сведения о потребности в молодых специалистах в автоматизированной системе «Госзаказ и приём» на подготовку квалифицированных кадров для всех отраслей экономики в Республике Беларусь. Наибольшая потребность в отрасли имеется в выпускниках специальности «Технология деревообрабатывающих производств» как высших, так и средних специальных учреждений образования. В области профессионально-технического образования, самая востребованная специальность – «Эксплуатация оборудования и технология деревообрабатывающих производств» [3].

Как правило, абитуриенты по материальным и другим причинам стараются получить профессию и образование в учреждениях образования своего региона. Например, на ОАО «Витебскдрев» работают выпускники УО «Витебский государственный технологический университет» и других региональных ВУЗов, в том числе технологами, механиками др. При этом производственная практика, дипломное проектирование проводится на базе предприятия.

Примером региональной системы практико-ориентированного образовательного процесса является взаимодействие ОАО «Витебскдрев» с УО «ВГТУ» и филиалом УО «ВГТУ» и «Витебский государственный технологический колледж».

Инженеров УО «ВГТУ» готовит на двух факультетах – производственных технологий, информационных технологий и робототехники. Благодаря этому спектр специальностей чрезвычайно широк – от инженеров-энергетиков до специалистов, занимающихся производством изделий на основе 3D-технологий. Все выпускники распределяются по предприятиям задолго до окончания университета, начиная с третьего курса.

Соглашением сторон 31.10.2022 г. создан метрологический образовательный кластер УО «ВГТУ» (далее – МОК) как координирующая структура учреждений образования, предприятий и организаций в области метрологического обеспечения и контроля качества в производственной и непроизводственной сферах, объединенной системой договорных связей.

Целью МОК является объединение деятельности и ресурсов учреждений образования, организаций-партнеров, региональных центров стандартизации, метрологии и сертификации в области метрологии и контроля качества для решения задач:

- консолидация научно-образовательного, организационного и административного потенциала сторон, направленная на профессиональную ориентацию выпускников учреждений общего среднего образования в области качества и метрологии;

- повышение образовательного и практико-ориентированного уровня подготовки специалистов по специальности первой ступени высшего образования «Метрология, стандартизация и контроль качества»;

- популяризация передового опыта в области метрологии и контроля качества, развитие научной, инновационной, организационной кооперации в рамках МОК;

- внедрение образовательных инноваций за счёт обеспечения эффективного взаимодействия организаций общего среднего и высшего образования, а также базовых предприятий и организаций специальности «Метрология, стандартизация и контроль качества»;

- мотивация участия выпускников учреждений общего среднего образования в университетской олимпиаде УО «ВГТУ» и выбора специальности «Метрология, стандартизация и контроль качества» в качестве приоритетной при поступлении в университет.

04.12.2024 г. завершился заключительный этап Витебского областного конкурса работ исследовательского характера (конференции) учащихся IX-XI классов учреждений образования Витебской области «Эврика». В рамках взаимодействия членов Метрологического образовательного кластера учителя Чашникской гимназии и преподаватели кафедры «ТРИТ» реализовали научно-технический проект, который представлен на конкурсе работ «Эврика» в 2024 г. Диплом II степени у Чашникской гимназии за совместную НИР с преподавателями кафедры «ТРИТ».

14.11.2024 г. УО «ВГТУ» по инициативе и при всесторонней поддержке Витебского центра стандартизации, метрологии и сертификации (партнёры по МОК), провел квиз «Качество в квадрате», приуроченный к Году качества и Всемирному дню качества. Участниками интеллектуальной игры стали 23 команды, в состав которых вошло около 150 учащихся средних школ, гимназий и колледжей области.

В 2024 г. проведён конкурс «ПРО-качество» – УО «ВГТУ» и РУП «Витебский ЦСМС» привлекли потенциальных абитуриентов городских и региональных школ к участию, популяризируя передовой опыт в области метрологии и контроля качества.

В соответствии с договором № 483 от 25.05.2018 г. между УО «ВГТУ» и ОАО «Витебскдрев» кафедра «ТРИТ» открыла филиал на предприятии с целью реализации практико-ориентированных методов обучения и научно-исследовательской деятельности.

Спустя 6 лет плодотворного сотрудничества, а именно 26 ноября 2024 г. в рамках XXVI республиканского конкурса потребительских предпочтений «Продукт года – 2024» в номинации «Испытательная, научная и образовательная деятельность» за Услуги по испытательной, научной и образовательной деятельности ЦЗЛ ОАО «Витебскдрев» награждена Гран-При.

На филиале кафедры «ТРИТ» в специально оборудованном учебном классе проводятся учебные занятия. В Центральной заводской лаборатории и на производственных площадях ОАО «Витебскдрев» выполняются исследовательские работы в рамках курсового и дипломного проектирования, диссертации магистров и аспирантов. Ежегодно в условиях предприятия проходят практику десятки студентов инженерных специальностей. Сотрудники филиала привлекаются к организации образовательного процесса.

В структуре УО «ВГТУ» функционирует ФПК и ПК с широким спектром специальностей переподготовки, которую могут пройти студенты с III курса обучения на дневной форме. Таким образом, будущий специалист расширяет профессиональные компетенции и фактически при выпуске получает два диплома.

Бюджетная форма обучения предполагает обязательное распределение (2 года, а при целевом обучении от конкретного предприятия – 5 лет). Количество предприятий-заказчиков кадров не менее объёмов выпуска специалистов. По отдельным специальностям спрос на специалистов больше, чем может предложить ВУЗ. В течение работ по распределению университет осуществляет мониторинг трудовой деятельности выпускника, его карьерный рост, социальную защищённость.

В УО «ВГТУ» проводится множество мероприятий с участием представителей организаций-заказчиков кадров. Специалистов предприятий привлекают к проведению учебных занятий, рецензированию дипломных работ, участию в работе ГЭК, руководству производственной практикой. Представители предприятий и организаций-заказчиков кадров рецензируют учебно-методические разработки, ЭУМК.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» реализует экспериментальный проект в сфере высшего образования «Формирование индивидуальной образовательной траектории для иностранных граждан при реализации образовательной программы магистратуры по специальностям в области инженерии и информационно-коммуникационных технологий» на 2024-2030 гг.

Таким образом в Республике Беларусь создана действительная научно-практическая система подготовки инженерных кадров и специалистов высшей квалификации, решается проблема доступного качественного образования, дополнительного образования детей и молодежи, привлечение ресурсной базы предприятий, научных организаций, учреждений образования регионов.

Литература:

1. В Беларуси выстроена действенная система подготовки инженерных кадров // SB news. Материал от 17.12.2024 г. Режим доступа:

<https://www.sb.by/articles/ivanets-v-belarusi-vystroena-deystvennaya-sistema-po-podgotovke-inzhenerykh-kadrov.html>, свободный (дата обращения: 27.02.2025 г.).

2. Каждый пятый студент белорусских вузов – будущий инженер // Белорусское телеграфное агентство. Материал от 17.12.2024 г. Режим доступа: <https://belta.by/society/view/ivanets-kazhdyj-pjatyj-student-belorusskih-vuzov-buduschij-inzhener-683402-2024>, свободный (дата обращения: 27.02.2025 г.).

3. Главная кузница кадров – БГТУ. Как в деревообрабатывающей отрасли реализуют принцип «молодежь – наше будущее» // Белорусское телеграфное агентство. Материал от 21.06.2024 г. Режим доступа: <https://belta.by/society/view/glavnaja-kuznitsa-kadrov-bgtu-kak-v-derevoobrabatyvajuschej-otrasli-realizujut-printsip-molodezh-nashe-649401-2024/>, свободный (дата обращения: 27.02.2025 г.).

4. Программа социально-экономического развития Беларуси на 2021-2025 годы. Утверждена указом Президента Республики Беларусь № 252 от 29.07.2021 г.

5. Стратегия «Наука и технология: 2018-2040» от 26.02.2018 г. №17. Подготовлена во исполнение поручений Президента Республики Беларусь от 07.04.2017 г.

УДК 547.992.3: 665.939.56: 674.815

Синтез и свойства лигнофенолоформальдегидных смол с высокой степенью замещения фенола на лигнин

Д.В. Иванов¹, И.Ю. Баканов², М.Г. Глазунова¹, Э.И. Евстигнеев¹

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова

²ООО «Завод слоистых пластиков»

Сообщается о лигнофенолоформальдегидных смолах, синтезированных по режиму и рецептуре фенолоформальдегидных смол марок СФЖ-3014 и СФЖ-3013 с частичной заменой фенола на окисленный гидролизный лигнин. Раскрываются недостатки рецептур и режимов СФЖ-3013 и СФЖ-3014, связанные со свойствами окисленного гидролизного лигнина. Предлагается режим синтеза и рецептура базовой фенолоформальдегидной смолы для получения лигнофенолоформальдегидных смол со степенью замещения фенола на окисленный гидролизный лигнин от 30 %.

Ключевые слова: окисленный гидролизный лигнин, лигнофенолоформальдегидная смола, фенолоформальдегидная смола, древесностружечные плиты.

Одной из наиболее распространённых формальдегидосодержащих смол, используемых в производстве клеёных и древесных композиционных материалов, является фенолоформальдегидная смола (ФФС). ФФС используют, главным образом, при необходимости изготовления материалов повышенной водо-

стойкости, таких как древесные или декоративные бумажнослоистые пластики, плиты из ориентированной стружки, фанера марки ФСФ и т. д. [7, 8]. Существенным ограничением для использования ФФС является её высокая стоимость, более чем на 70 % определяемая высокой стоимостью фенола [3].

Одним из способов снижения стоимости ФФС является частичная замена синтетического фенола на природные или искусственные аналоги, такие как танины, карданол или препараты лигнина [4–6]. Наибольшее распространение получили лигнофенолоформальдегидные смолы (ЛФФС), поскольку препараты лигнина являются доступным и сравнительно недорогим сырьём. Одним из технических препаратов лигнина, образующихся в промышленных объёмах, является гидролизный лигнин – побочный продукт гидролизных производств. Однако исходный гидролизный лигнин не пригоден для синтеза ЛФФС, т. к. он не растворим ни в каких растворителях. Одним из способов обеспечения растворимости гидролизного лигнина является его модифицирование путём окисления пероксидом водорода в присутствии минеральных кислот [1]. Окисленный гидролизный лигнин (ОГЛ) растворяется в воде в присутствии щелочей.

Поскольку количество реакционных центров в препаратах лигнина зачастую неизвестно, а их определение требует использования сложных методик, при расчётах ЛФФС предпочитают отталкиваться от известной рецептуры некой ФФС (базовой ФФС), замещая определённое количество фенола лигнином. На *первом этапе* работы синтез ЛФФС вели по режиму и рецептуре, принятым для ФФС марки СФЖ-3014 [2].

В работе использовали ОГЛ в виде порошка фракции 0,25/–, обладающего следующими показателями: содержание сернокислотного лигнина – 88,1 %, содержание карбоксильных групп – 8,9 %, содержание фенольных гидроксильных групп – 2,9 %, зольность – 0,8 %, растворимость в щёлочи – 92,9 %. Также для синтеза ФФС и ЛФФС использовали фенол синтетический технический марки А (ГОСТ 23519–93), гидроксид натрия ч. д. а. (ГОСТ 4328–77) в виде водного раствора концентрацией 40 %, формалин технический высшего сорта (ГОСТ 1625–2016), дистиллированную воду.

При использовании в качестве базовой ФФС смолы марки СФЖ-3014, максимальная степень замещения фенола на ОГЛ составила только 20 %. При попытке заместить 30 % фенола произошло отверждение реакционной смеси в ходе выдержки при 96...98 °С (на второй стадии синтеза). С ростом степени замещения фенола на ОГЛ снижались массовая доля сухого остатка, содержание фенола и щёлочи, увеличивалась условная вязкость смолы и содержание свободного формальдегида (табл. 1). Характерной особенностью ОГЛ является нейтрализация NaOH за счёт раскрытия дилактоновых структур и образования натриевой соли [9].

Синтез ЛФФС по режиму, принятому для СФЖ-3014 вызвал ряд трудностей и неудобств, связанных как со свойствами лигнина, так и с рецептурными особенностями смолы. Из-за сравнительно невысокой растворимости ОГЛ, реакционная смесь отличалась высокой вязкостью уже на этапе образования фенолоспиртов (на первой стадии синтеза, в ходе выдержки реакционной смеси при 45...50 °С). Кроме того растворение лигнина требовало много времени, т. к.

основное количество воды в готовой смоле составляла вода в составе формалина, загружаемого после загрузки ОГЛ. Во время выдержки реакционной смеси на этапе поликонденсации (на второй стадии синтеза, в ходе выдержки реакционной смеси при 96...98 °С) наблюдали активное пенообразование, которое усиливалось при увеличении степени замещения фенола на лигнин.

Таблица 1 – Физико-химические показатели феноло- и лигнофенолоформальдегидных смол, синтезированных по режиму СФЖ-3014

Наименование показателя	Степень замещения фенола на лигнин			
	0	10	20	30
Массовая доля сухого остатка, %	48,1	45,4	39,7	отверждение на второй стадии синтеза
Условная вязкость, с	21	38	42	
Концентрация ионов водорода (рН)	11,6	11,5	11,6	
Содержание, %				
• щёлочи	6,9	6,6	5,9	
• свободного фенола	0,08	0,07	0,06	
• свободного формальдегида	0,02	0,10	0,17	

Мольное соотношение фенол : формальдегид (Фе : Ф) для СФЖ-3014 составляет 1 : 2,4. При частичной замене фенола на ОГЛ количество формальдегида по отношению к фенолу увеличивалось; для смол со степенью замещения фенола 10, 20 и 30 % мольное соотношение Фе : Ф составляло соответственно 1 : 2,7; 1 : 3,0 и 1 : 3,4. Таким образом, при синтезе смолы с 30 % фенола, замещённого на ОГЛ, имел место избыток формальдегида, что могло быть причиной отверждения реакционной смеси в ходе второй стадии синтеза.

На *втором этапе* работы при отработке рецептуры и режима синтеза ЛФФС оттачивались от рецептуры и режима синтеза ФФС марки СФЖ-3013, т. к. по сравнению с СФЖ-3014 смола СФЖ-3013 отличается бóльшим содержанием воды и меньшим количеством формальдегида по отношению к фенолу. Конечное мольное соотношение Фе : Ф для СФЖ-3013 составляет 1 : 2,1; при замене 30 % фенола на ОГЛ мольное соотношение Фе : Ф составило 1 : 3,0, т. е. на уровне 20 % фенола, замещённого на ОГЛ при рецептуре по СФЖ-3014.

Рецептуру и режим синтеза СФЖ-3013 скорректировали для лучшего растворения ОГЛ. Формалин заменили на параформальдегид (параформ) марки С (ТУ 6-09-141-03–89), что позволило увеличить количество воды, загружаемой перед загрузкой лигнина. ОГЛ загружали при температуре реакционной смеси 85...90 °С. Перед загрузкой параформа реакционную смесь выдерживали при 96...98 °С в течение 1 ч, что позволило полностью растворить ОГЛ и добиться низкой вязкости реакционной смеси. Особенностью СФЖ-3013 является сравнительно низкое содержание щёлочи (мольное соотношение Фе : NaOH для СФЖ-3014 составляет 1 : 0,73, а для СФЖ-3013 1 : 0,51). Т. к. при невысокой щёлочности замедляется растворение ОГЛ, мольное соотношение Фе : NaOH было решено оставить на уровне рецептуры СФЖ-3014.

Параформ загружали при 45...50 °С, после чего синтез вели по классическому режиму СФЖ-3013 [2]. Замена базовой ФФС, корректировка рецептуры и режима синтеза, а также использование параформа вместо формалина позво-

лили синтезировать ЛФФС с 30 % фенола, замещённого на ОГЛ (табл. 2). В ходе выдержки реакционной смеси на второй стадии синтеза пенообразования не наблюдали. Следует отметить, что использование параформа вместо формалина не только способствовало лучшему растворению ОГЛ, но и позволило снизить температуру реакционной смеси на первой стадии синтеза. Вероятно, благодаря отсутствию метанола в реакционной смеси, взаимодействие формальдегида с фенолом и ОГЛ протекало быстрее.

Таблица 2 – Физико-химические показатели лигнофенолоформальдегидных смол, синтезированных по скорректированному режиму смолы СФЖ-3013

Наименование показателя	Температура на первой стадии синтеза	
	80...85 °С	55...60 °С
Массовая доля сухого остатка, %	44,7	43,2
Условная вязкость, с	56	46
Концентрация ионов водорода (рН)	11,0	10,9
Содержание, %		
• щёлочи	5,0	5,1
• свободного фенола	0,16	0,13
• свободного формальдегида	0,94	0,57

Снижение температуры реакционной смеси на первой стадии синтеза ЛФФС положительно сказалось не только на свойствах готовых смол (главным образом, на содержании свободного формальдегида), но и на свойствах древесностружечных плит, изготовленных с их использованием (табл. 3). Водостойкость плиты на основе ЛФФС, синтезированной при температуре реакционной смеси на первой стадии синтеза 55...60 °С значительно превосходит водостойкость плиты на основе смолы, синтезированной при температуре первой стадии 80...85 °С, однако уступает водостойкости плит на основе СФЖ-3014. Прочность внутреннего слоя и содержание формальдегида у плит на основе ЛФФС и СФЖ-3014 сопоставимы.

Таблица 3 – Физико-механические показатели древесностружечных плит

Наименование показателя	Вид смолы			
	ЛФФС		ФФС	
	80...85 °С	55...60 °С	базовая*	СФЖ-3014
Плотность, кг/м ³	693	680	689	715
Прочность при изгибе, МПа	26,2	25,6	15,8	30,4
Прочность при растяжении, МПа	0,32	0,39	0,09	0,32
Разбухание по толщине, %				
• в холодной воде за 24 ч	39	28	44	32
• в кипящей воде за 1 ч	61	43	72	45
Водопоглощение, %				
• в холодной воде за 24 ч	103	86	95	91
• в кипящей воде за 1 ч	109	86	113	98
Содержание формальдегида, мг/100 г	0,55	0,43	0,40	0,15

* базовая ФФС для ЛФФС, синтезированной при температуре первой стадии 55...60 °С

Следует отметить низкие физико-механические свойства плит на основе базовой ФФС, рецептура и режим синтеза которой повторяет рецептуру и режим синтеза ЛФФС (55...60 °С на первой стадии синтеза) за исключением замещения фенола на ОГЛ. По прочности и водостойкости плиты на основе базовой ФФС уступают не только плитам на основе СФЖ-3014, но и плитам на основе ЛФФС, что указывает на отсутствие необходимости использования качественной базовой ФФС для получения ЛФФС, способной обеспечивать высокие физико-механические свойства древесных плит.

Таким образом, для синтеза ЛФФС предложена базовая ФФС следующей рецептуры (масс. ч.):

фенол.....	100
гидроксид натрия.....	31,0
формальдегид (первая порция)	60,6
формальдегид (вторая порция)	6,4
вода	233,4

Синтез ЛФФС вели по следующему режиму:

- загрузка в реактор фенола, дистиллированной воды и водного раствора NaOH концентрацией 40 %;
- подъём температуры реакционной смеси до 85...90 °С и загрузка ОГЛ несколькими порциями (одна порция соответствует 10 % фенола, замещённого на лигнин);
- после растворения последней порции ОГЛ нагрев реакционной смеси до 96...98 °С и выдержка в течение 1 ч;
- охлаждение реакционной смеси до 45...50 °С и загрузка первой порции параформа;
- нагрев реакционной смеси до 55...60 °С и выдержка в течение 1 ч;
- нагрев реакционной смеси до 96...98 °С и выдержка в течение 15 мин;
- охлаждение реакционной смеси до 80 °С, загрузка второй порции параформа и выдержка при температуре 80...85 °С в течение 10 мин;
- охлаждение смеси до 25...30 °С и слив готовой смолы в приёмную ёмкость.

Литература:

1. Евстигнеев Э.И. Окисление гидролизного лигнина пероксидом водорода в кислой среде // Журнал прикладной химии. 2013. Т. 86, №2. С. 278–285. EDN: JGTQCV.
2. Кондратьев В.П., Кондрашенко В.И. Синтетические клеи для древесных материалов. – М.: Науч. мир, 2004. – 520 с. EDN: QNJGGT.
3. Мебельщики сдерживают рост цен // ЛесПромИнформ. 2024. №4(182). Режим доступа: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=6733>, свободный (дата обращения: 17.01.25 г.).
4. Шишлов О.Ф., Глухих В.В. Синтез, свойства и применение продуктов поликонденсации карданола с формальдегидом // Химия растительного сырья. 2011. № 1. С. 5–16. EDN: NJBEVL.

5. Gong X., Meng Y., Lu J., Tao Y., Cheng Y., Wang H. A Review on Lignin-Based Phenolic Resin Adhesive // *Macromol. Chem. Phys.* 2022. 223(4). 2100434. DOI: 10.1002/macp.202100434.

6. Hafiz N.L.M., Tahir P.M.D., Hua L.S., Abidin Z.Z., Sabaruddin F.A., Yunus N.M., Abdullah U.H., Abdul Khalil H.P.S. Curing and thermal properties of copolymerized tannin phenol–formaldehyde resin for bonding wood veneers // *J. Mater. Res. Technol.* 2020. 9(4). P. 6994–7001. DOI: 10.1016/j.jmrt.2020.05.029.

7. Mantanis G.I., Athanassiadou E.Th., Barbu M.C., Wijnendaele K. Adhesive systems used in the European particleboard, MDF and OSB industries // *Wood Mater. Sci. Eng.* 2017. 13(2). pp. 104–116. DOI: 10.1080/17480272.2017.1396622.

8. Pizzi A., Papadopoulos A.N., Policardi F. Wood Composites and Their Polymer Binders // *Polymers*. 2020. 15(5). 1115. DOI: 10.3390/polym12051115.

9. Zakusilo D.N., Evstigneyev E.I., Ivanov A.Y., Mazur A.S., Bessonova, E.A., Mammeri O.A., Vasilyev A.V. Structure of oxidized hydrolysis lignin // *J. Wood Chem. Technol.* 2023. 43(2). P. 103–115. DOI: 10.1080/02773813.2023.2187064.

УДК 674.8:678.652

Новые виды связующих для производства древесных композиционных материалов

Е.П. Шишаков¹, С.А. Гордейко¹, А.В. Шелоумов², Д.О. Лагунович¹

¹Белорусский государственный технологический университет

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова

Разработаны методы получения новых видов композиционных связующих для деревообрабатывающей промышленности. Связующие имеют низкое содержание свободного формальдегида и не содержат фенола. С использованием новых связующих изготовлены опытные образцы фанеры и древесностружечных плит повышенной прочности и водостойкости.

Ключевые слова: карбамид, карбамидоформальдегидный концентрат, диан, фурфуриловый спирт, глиоксаль, таловое масло, древесностружечные плиты, фанера, OSB, прочность.

Древесные плитные материалы (ДПМ): древесностружечные плиты, фанера, плиты древесные с ориентированной стружкой (OSB от англ. *oriented strand board*), находят широкое применение при изготовлении мебели, в строительстве жилья, в автомобилестроении, в вагоностроении и других отраслях. В качестве основного компонента клеев и связующих при их изготовлении широко используются карбамидоформальдегидные, фенолоформальдегидные или меламиноформальдегидные смолы различных марок. В настоящее время путём длительных исследовательских и производственных работ удалось получить ДПМ с классом эмиссии E1 и E0,5. Содержание основного токсичного элемента – формальдегида, в этих материалах

снижено до 8 и 5 мг/100 г абс. сух. изделия соответственно. Однако уменьшение токсичности привело к значительному снижению механической прочности и водостойкости изделия. При изменении температуры и влажности в процессе эксплуатации они быстро теряют потребительские свойства. В то же время получение водостойких ДПМ, выдерживающих многократное циклическое увлажнение – высыхание является достаточно актуальным для ряда отраслей промышленности. Авторами статьи разработаны новые связующие материалы для получения водостойких ДПМ.

Исходными компонентами для получения смол служили крупнотоннажные продукты: карбамид, карбамидоформальдегидный концентрат, диан (дифенилолпропан), фурфуроловый спирт (ФС), глиоксаль, таловое масло. Карбамид и формальдегид широко используются для синтеза КФС и имеются в любом цехе по синтезу смол на деревообрабатывающем предприятии. ФС – продукт, полученный из фурфурола, сырьём для производства которого могут служить любые растительные материалы, в том числе и отходы деревообработки. ФС широко используется в машиностроении. Таловое масло является крупнотоннажным побочным продуктом производства целлюлозы. Глиоксаль – относительно новый продукт, производство его в настоящее время активно развивается.

В ходе синтеза были получены композиционные смолы различного состава и строения: карбамидоглиоксальные (КГС), карбамидодиановые (КДС), карбамидодианфурановые (КДФС), карбамидофурановые (КФС).

Основные характеристики синтезируемых нами образцов смол приведены в табл. 1. В таблице для сравнения приведены характеристики фенолформальдегидной смолы СФЖ-3011, широко используемой в деревообрабатывающей промышленности.

Таблица 1 – Основные характеристики смол

Показатели	Вид смолы				
	КГС	КДФС	КФС	КДС	СФЖ 3011
Содержание сухих веществ, %	65,5	71,2	68,3	82,0	43...47
Величина рН	7,4	6,8	7,2	9,4	11...12
Содержание свободного фенола, %	–	–	–	–	1,0...2,5
Содержание свободного формальдегида, %	–	0,03	0,05	0,05	0,5...1,0
Плотность, г/см ³	1,20...1,25	1,15...1,20	1,20...1,30	1,25...1,30	1,15...1,20
Условная вязкость по ВЗ 246, с	45...65	30...60	45...75	55...80	60...180

Полученные образцы смол имеют высокое содержание сухих веществ (65...82 %), невысокую вязкость (45...80 с) и низкое содержание токсичных веществ. Свободный фенол в опытных смолах отсутствует, а свободный формальдегид либо отсутствует (смола КГС), либо не превышает 0,03...0,05 %.

С использованием указанных смол была изготовлена трёхслойная фанера из берёзового шпона. Расход смолы составлял 140 г/м², температура плит прессы –145 °С, время прессования – 2,5 мин, время снятия давления – 1 мин. Механические показатели образцов фанеры, полученных с использованием разных видов смол, приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Механические показатели фанеры

Показатели	Вид смолы			
	КГС	КФФС	КФС	КДФС
Предел прочности в сухом состоянии, МПа	3,4	3,0	2,7	2,8
Предел прочности после вымачивания в холодной воде в течение 24 ч, МПа	3,1	3,0	2,4	2,8
Предел прочности после кипячения 1 ч, МПа	0,8	2,1	1,7	2,0

Установлено, что в сухом состоянии высокую прочность фанеры обеспечивают все четыре вида смол (2,7...3,4 МПа). После вымачивания в холодной воде в течение 24 часов у фанеры, изготовленной с использованием смол КФФС и КДФС, прочность не изменилась, у смолы КФС снизилась на 11 % (с 2,7 до 2,4 МПа) и у смолы КГС снизилась на 9 %.

После кипячения в течение 1 ч прочность фанеры изготовленной с использованием смолы КГС снизилась до 0,8 МПа. У фанеры, полученной с использованием смол КФФС, КФС и КДФС прочность несколько снизилась и составила 2,1; 1,7 и 2,0 МПа соответственно, что составляет 70, 63 и 72 % от первоначальной. В аналогичных условиях фанера, изготовленная с использованием промышленных карбамидоформальдегидных смол КФ–МТ и КФ–Ж, полностью расклеилась.

Синтезированные смолы были использованы для получения опытных образцов древесностружечных плит. Расход смолы составлял 12 % от массы абсолютно сухой стружки, температура прессования – 160 °С, толщина плиты – 18 мм, продолжительность прессования – 3 мин. В качестве гидрофобизирующей добавки в стружку вводили таловое масло. Для сравнения в аналогичных условиях были получены плиты с использованием промышленных смол КФ–Ж и СФЖ-3014. Физико-механические показатели образцов древесностружечных плит, полученных с использованием разных видов смол, приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Показатели древесностружечных плит

Показатели	Вид смолы				
	КФФС	КФС	КДФС	КФ-Ж	СФЖ-3014
Предел прочности при изгибе, МПа	24,4	24,7	26,4	20,1	24,5
Предел прочности при растяжении перпендикулярно поверхности, МПа	0,44	0,48	0,52	0,38	0,47
Набухание за 24 ч, %	18,7	18,4	17,4	25,7	19,4
Водопоглощение за 24 ч, %	51,7	48,4	42,6	68,4	46,5

Плиты, полученные с использованием КФФС и КДФС, по механическим показателям и водостойкости превосходят плиты, полученные с использованием карбамидоформальдегидных смол, и практически не уступают плитам, полученным с использованием фенолоформальдегидной смолы. Плиты, полученные с использованием КДФС, по ряду показателей превосходят плиты, полученные с использованием смолы СФЖ-3014.

В полученных опытных образцах ДПМ содержание свободного формальдегида составило не более 2...4 мг/100 г изделия. Установлено, что использование новых видов смол, таких как карбамидоглиоксальные, карбамидодиановые,

карбамидодианфурановые, карбамидофурановые, позволило получить фанеру и древесностружечные плиты повышенной водостойкости и низкой токсичности.

УДК 674.07; 630*829

К вопросу о снижении токсичности карбамидоформальдегидных клеев

А.Д. Синов, Г.С. Варанкина, Д.С. Русаков

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова*

Для улучшения эксплуатационных свойств клеевой продукции на основе карбамидоформальдегидных смол в их состав вводят различные наполнители и модификаторы. Модификаторы и химически активные добавки позволяют не только уменьшить токсичность плитных древесных материалов, но и ускорить процесс их отверждения. Для снижения содержания токсичных веществ в готовых древесных плитах использовали модификатор для карбамидоформальдегидных смол – шунгитовые пески. Это комплексный сорбент, обладающий одновременно свойствами углеродных и силикатных материалов.

Ключевые слова: карбамидоформальдегидная смола, наполнитель, модификация, клей, токсичность клеев, древесные плиты.

Одним из направлений улучшения эксплуатационных свойств клеевой продукции на основе карбамидоформальдегидных смол (КФС) является модификация смол [1, 3, 5–7, 9]. Широкое применение карбамидоформальдегидных смол обусловлено рядом преимуществ: высокая скорость отверждения, низкая стоимость клеев, высокая прочность клеевого слоя, слабый запах и бесцветность клея. Наиболее острой проблемой, ограничивающей область применения клеевых древесных материалов, является их экологическая безопасность, а именно наличие в составе смолы токсичного компонента – формальдегида.

Известно два основных способа снижения выделений формальдегида из клеевой продукции:

- изменение мольного соотношения карбамида и формальдегида и условий синтеза клея, т. е. разработка и использование низкомольных КФС;
- модификация клеев добавками, связывающими формальдегид.

В первом случае были разработаны низкомольные карбамидоформальдегидные смолы, с мольным соотношением карбамида и формальдегида (К : Ф) равным 1 : 0,9 (СКФ-НМ – смола карбамидоформальдегидная низкометанольная; норма по ТУ 2223-001-59498449–2004) в отличие от КФ-МТ-О – ТУ У 24.1-05761614.044–2002 с соотношением карбамида к формальдегиду (К : Ф = 1 : 1,3). Однако использование низкомольных смол не дает желаемого эффекта по снижению токсичности, вследствие чего приходится прибегать ко второму пути: вводить различного рода модификаторы, которые, как правило, являются химически активными веществами, вступающие в реакцию с формальде-

гидом. В настоящее время ассортимент модификаторов очень широк и требует детального рассмотрения [1–3].

В работах [1, 2, 5, 10] рассмотрено применение алюмосиликатов с жёсткой каркасной структурой природного происхождения. Алюмосиликаты вводят в смолу марки КФ-МТ-15 в количестве, составляющем 5...15 % от массы смолы с содержанием формальдегида 0,15...0,25 % непосредственно в процессе приготовления связующего перед прессованием. Опытным путём установлено, что при введении в связующее алюмосиликатов в количестве 10...15 % степень очистки от формальдегида составляет 25...30 % при однократном использовании добавки. Установлено, что наилучшие результаты получаются при обработке смолы алюмосиликатом природного происхождения – трижды по три часа. В этом случае токсичность исходной смолы снижается с 0,15...0,25 % до 0,03 %, степень очистки смолы КФ-МТ-15 от формальдегида составляет 60...80 %. Алюмосиликаты не ухудшают физико-механические свойства фанеры. Таким образом, при введении алюмосиликатов в объёме 5...15 % от массы смолы, для производства фанеры, класс эмиссии (по формальдегиду) составляет не более 8 мг на 100 г абсолютно сухой фанеры, что соответствует классу E1.

Известны случаи применения в производстве древесностружечных плит технических лигносульфонатов (ОСТ 13-183-83) или щелоков на аммониевом основании, которые являются побочными продуктами целлюлозно-бумажного производства [1, 11]. Лигносульфонаты не токсичны, хорошо совмещаются с КФС и хорошо растворяются в воде. Так, добавление в КФС 10...20 % лигносульфонатов снижает выделение формальдегида в 2,0...2,5 раза не только клеевого соединения, но и загазованности цеха. Введение лигносульфонатов позволяет получить плиты класса эмиссии E1.

В работах Леоновича А.А. и Коврижных Л.П. [3] в качестве модификатора использовали кремнесодержащие соединения. Лучшие результаты показал стабилизированный золь кремнезема (SiO_2)_n – аморфное, дисперсионное соединение, с низкой вязкостью и клейкостью, обладающее высокой реакционной способностью. При горячем склеивании происходит процесс гелеобразования, и связанные вместе золи кремнезема образуют цепочки $\sim\text{Si}-\text{O}-\text{Si}\sim$, которые целиком пронизывают объём геля. Этот процесс сопровождается связыванием формальдегида в процессе структурирования, при этом увеличивается прочность склеивания древесностружечных плит.

В работах Ткачевой О.А., исследовалась возможность использования в качестве наполнителя КФС глинистого минерала – монтмориллонита, для склеивания паркетных, мебельных щитов и облицовывании древесностружечных плит [8]. Результаты исследования показали, что введение в клей монтмориллонита дает положительный эффект с точки зрения экономии дорогостоящих компонентов клея. Монтмориллонит снижает содержание свободного формальдегида, также применяется в производстве композиций для склеивания изделий из древесины, стекла, линолеума, облицовочных плиток, производства шпатлевок, грунтовок.

Плотниковым Н.П. в Братском государственном университете было исследовано влияние на КФС α - и β -нафтолов в качестве модификаторов [4]. Доказа-

но, что при введении до 7 масс. ч. α -нафтола наблюдается значительное снижение содержания массовой доли свободного формальдегида, а именно в 4...6 раз по сравнению с исходной КФС. Одновременно повышается и водостойкость клеевого соединения.

Для снижения содержания токсичных веществ в древесностружечных плитах используют модификаторы карбамидоформальдегидных смол для повышения эффективности их применения в производстве древесностружечных плит. Одними из ярких представителей химически активных наполнителей являются шунгиты [1, 5], это комплексный сорбент, обладающий одновременно свойствами углеродных и силикатных материалов.

Для проведения исследований использовали КФС марки КФ-МТ-15, в качестве активного наполнителя – шунгитовые пески, согласно современным представлениям шунгитовые сорбенты имеют каркасную структуру. В пустотах каркасов помимо молекул воды содержатся катионы натрия, калия, магния, кальция. Их положительный заряд компенсируется отрицательным избыточным зарядом тетраэдра SiO_4 . В лабораторных условиях изготавливали трёхслойные древесностружечные плиты толщиной 16 мм с использованием в качестве наполнителя шунгитовых песков с размером частиц от 0,02 до 0,08 мм в количестве от 0 до 15 масс. ч. на 100 масс. ч. связующего. Испытания плит проводили в соответствии с ГОСТ 10633–2018 «Плиты древесностружечные. Общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний». Результаты исследования влияния наполнителя на свойства древесностружечных плит представлены в таблице.

Таблица – Результаты исследования влияния наполнителя на свойства древесностружечных плит

Количество наполнителя, масс.ч., на 100 масс.ч. КФС	Выделение формальдегида, мг/м ³	Прочность при статическом изгибе, МПа	Водопоглощение, %
0	0,2	17,9	39,3
2,5	0,16	19,6	28,6
5,0	0,13	24,4	21,5
7,5	0,009	27,6	17,6
10,0	0,006	31,8	15,6
12,5	0,003	30,1	13,5
15,0	0,003	28,6	11,0

Результаты исследований (таблица) показывают, что с увеличением количества вводимого в смолу наполнителя содержание свободного формальдегида снижается с 0,2 до 0,003 мг/м³ (выделение формальдегида по камерному методу), при этом повышается прочность и уменьшается водопоглощение древесностружечных плит. Повышение физико-механических показателей плит, произведённых на модифицированном шунгитами карбамидоформальдегидном связующем, объясняется высокой реакционной способностью наполнителя, степень влияния которого зависит от продолжительности и температуры прессования, дисперсности и количества вводимых шунгитов. Введение в состав КФС повышает степень структурирования полимера, снижается количество гидро-

фильных метилольных групп, увеличивается молекулярная масса и когезионная прочность отверждённого клея. Различного рода модификаторы и химически активные добавки позволяют не только уменьшить токсичность плитных древесных материалов, но и ускорить процесс их отверждения. Применение реакционно-способных наполнителей для карбамидоформальдегидных смол позволяет снизить токсичность древесных плит практически на порядок.

Литература:

1. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низкотоксичных клеевых древесных материалов. – СПб.: Химиздат, 2014. – 148 с.
2. Кондратьев В.П., Кондращенко В.И. Синтетические клеи для древесных материалов. – М.: Научный мир, 2004. – 517 с. EDN: QNJGGT.
3. Леонович А.А. Технология древесных плит: прогрессивные технологии. – СПб.: Химиздат, 2005. – 208 с. EDN: QNJGXR.
4. Плотников Н.П. Улучшение физико-механических свойств фанеры, на основе модифицированных нафтонолами карбамидоформальдегидных смол: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Красноярск.: БрГУ, 2011. – 20 с. EDN: QHPCZJ.
5. Русаков Д.С., Чубинский А.Н., Варанкина Г.С. Совершенствование технологии склеивания древесных материалов модифицированными клеями. – СПб.: СПбГЛТУ, 2019 г. – 127 с.
6. Соколова Е.Г. Обоснование режимов склеивания шпона при производстве фанеры, изготовленной с применением меламинокарбамидоформальдегидных смол // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 222. С. 175–187. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.222.175-187.
7. Соколова Е.Г. Совершенствование эксплуатационных свойств и технологии фанеры повышенной водостойкости, изготовленной с применением меламинокарбамидоформальдегидных смол // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 221. С. 282–293. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.221.282-293.
8. Ткачева О.А. Влияние глинистого материала на содержание свободного формальдегида и физико-химические свойства карбамидоформальдегидных клеев при склеивании древесных материалов. Воронежская гос. лесотехн. акад. Воронеж, 2000. С. 62–64.
9. Угрюмов С.А. Модификация карбамидоформальдегидной смолы олеиновой кислотой для производства плитных материалов конструкционного назначения на основе костры льна // Клеи. Герметики. Технологии. 2017. № 9. С. 35–38. EDN: ZFMCPP.
10. Чубинский А.Н. Формирование клеевых соединений древесины. – СПб.: СПб. ГУ, 1992. – 164 с.
11. Rusakov D.S., Varankina G.S., Chubinsky A.N. Modification of Phenol- and Carbamide-Formaldehyde Resins by Cellulose By-products // Polym. Sci. Ser. D. 2018. Vol. 11, No. 1. P. 33–38. DOI: 10.1134/S1995421218010185.

Модификация карбамидоформальдегидных смол техническими продуктами

Е.П. Шишаков¹, С.А. Гордейко¹, А.В. Шелоумов², И.В. Николайчик¹

¹Белорусский государственный технологический университет

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова

Изучено влияние промышленных модификаторов на свойства карбамидоформальдегидных смол. Показано, что ряд модификаторов оказывает положительное влияние на смолы: уменьшается время желатинизации и увеличивается реакционная способность клея. Использование модифицированных карбамидоформальдегидных смол при изготовлении фанеры позволяет снизить расход смолы на 10...20 % при увеличении прочности фанеры и снижении содержания формальдегида на 5...10 %.

Ключевые слова: связующие, модификация, карбамидаформальдегидные смолы, древесностружечные плиты, вязкость, модификаторы.

В 2010–2020 гг. в Республике Беларусь и в Российской Федерации была проведена масштабная модернизация деревообрабатывающих предприятий. Так, в Республике Беларусь производство фанеры увеличилось до 290 тыс. м³, а производство древесностружечных плит до 1300 тыс. м³.

Потребности внутреннего рынка Республики Беларусь составляют около 50 тыс. м³ фанеры и 800 тыс. м³ древесностружечных плит. По этой причине основная часть продукции должна быть продана на внешних рынках в условиях жёсткой конкуренции. Для успешной конкуренции продукция должна соответствовать двум основным требованиям: высокое качество и низкая стоимость. Для выполнения указанных требований используется ряд технологических, организационных и логистических мероприятий.

В настоящее время при производстве фанеры и ДСтП используются преимущественно карбамидоформальдегидные смолы различных марок. При этом они либо производятся на самом предприятии, где выпускают древесные плиты или фанеру, либо закупаются за рубежом. Доля затрат на смолу в структуре себестоимости готовой продукции довольно велика и составляет около 25...30 %.

Применение недорогих наполнителей в составе связующего и эффективных катализаторов отверждения позволяет уменьшить расход смолы и энергоресурсов и соответственно снизить себестоимость продукции, а также повысить её качество за счёт снижения содержания свободного формальдегида в готовой продукции.

В настоящей работе использовались следующие технические продукты:

1. Технический диоксид кремния (ТДК) – побочный продукт производства алюминиевых солей.

2. Фосфогипс (ФГ) – побочный продукт производства фосфорных удобрений.

3. Отсев каолина (ОК) – побочный продукт обогащения каолина.

4. Полиметаллический комплекс (ПМК) – побочный продукт при добыче нефти и газа.

Перечисленные продукты являются дешёвыми и доступны в больших количествах.

В предварительных опытах было изучено влияние этих продуктов на изменение вязкости и величины рН карбамидоформальдегидной смолы марки КФ-МТ-15. Для этого в стакан помещали 100 г смолы, а затем засыпали (наливали) расчётное количество модифицирующей добавки. Полученную смесь перемешивали в течение 30 мин, а затем измеряли показатели композиции.

Как видно из табл. 1, все исследуемые модификаторы вызывают подкисление смолы. Особенно сильное влияние оказывают модификаторы ТДК и ФГ. При добавке 10 % ТДК рН смолы снизилось с 7,75 до 3,81. При добавке 20 % до 3,64, а при добавке 30 % до 3,51. Влияние модификаторов ОК и ПМК на снижение величины рН значительно меньше. На рис. 1 представлены зависимости влияния расходов модификаторов на вязкость.

Таблица 1 – Изменение рН клеевой композиции при введении различных модификаторов

Показатель	Без модификатора	Вид модификатора и его дозировка, %								
		ТДК			ФГ		ОК		ПМК	
		10	20	30	10	20	10	20	10	20
рН	7,75	3,81	3,64	3,51	4,12	3,56	6,85	6,63	6,62	5,56

Из рис. 1 видно, что модификатор ФГ снижает вязкость композиции незначительно. При введении модификатора ПМК в количестве до 6 % вязкость снижается от 68 до 58 с. При дальнейшем увеличении расхода ПМК вязкость увеличивается до 84 с, при дозировке 14 % и до 118 с при дозировке 20 %.

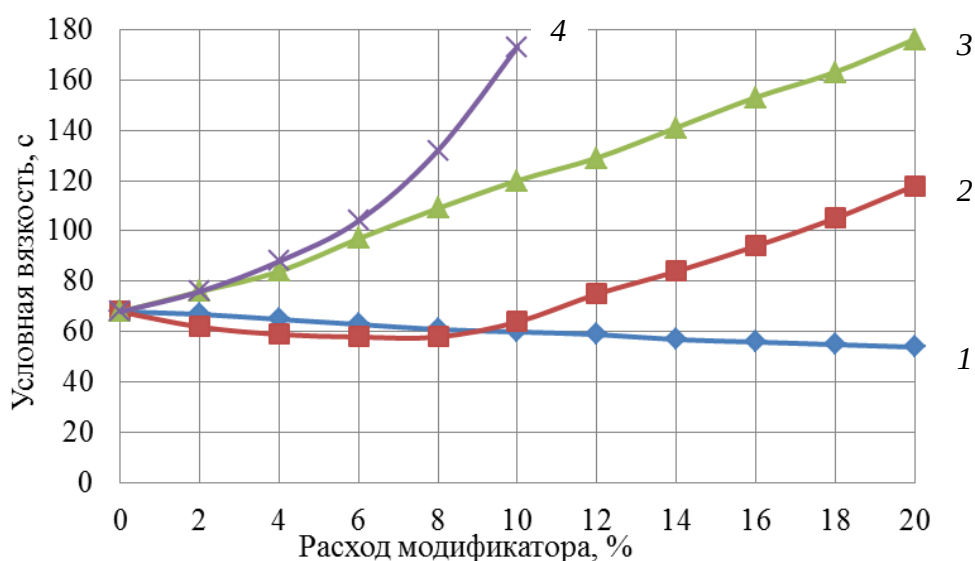


Рис. 1. Влияние расхода модификатора на вязкость смолы КФ-МТ-15: 1 – ФГ, 2 – ПМК, 3 – ТДК, 4 – ОК

Модификатор ТДК приводит к увеличению вязкости смолы. При дозировке 8 % вязкость возрастает до 109 с, а при дозировке 16 % – 153 с. Особенно сильное влияние на вязкость композиции оказывает модификатор ОК. При дозировке ОК 4 % вязкость возрастает до 88 с, а при дозировке 10 % – 173 с.

Одной из важных производственных характеристик клеевых составов является жизнеспособность состава – время, в течение которого сохраняется допустимая вязкость (живучесть клея).

На рис. 2 показано изменение вязкости клеевой композиции, содержащей наполнитель и катализатор отверждения в зависимости от времени выдержки. В качестве сравнения приведены показатели клея, содержащего 1 % сульфата аммония (СА).

Из опыта работы деревообрабатывающих предприятий известно, что при производстве фанеры максимальная вязкость клеевой композиции должна составлять 180...200 с. Исходя из этого, условия времени хранения исследуемых клеевых составов составляет более 8 ч. При использовании смолы КФ-НФП рабочее время использования клеевой композиции на 10...20 % меньше, это связано с более высокой вязкостью исходной смолы, а, следовательно, с более высокой степенью конденсации олигомеров на стадии её получения.

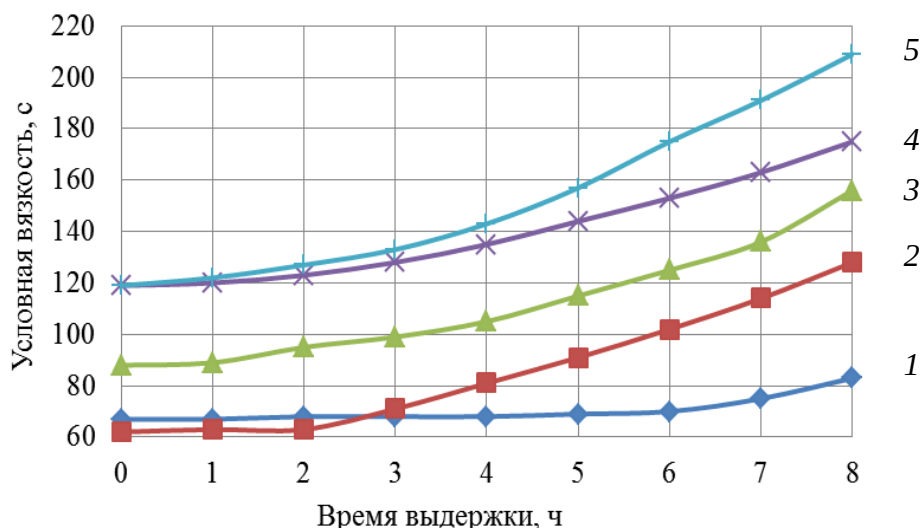


Рис. 2. Изменение вязкости клеевого состава при выдержке: 1 – 1% СА; 2 – 3 % ПМК; 3 – 5 % ТДК + 1 % СА; 4 – 10 % ТДК; 5 – 10 % ТДК + 0,5 % СА

В результате протекания реакции поликонденсации, происходящий при выдержке (хранении) клеевой композиции, происходит снижение времени желатинизации (отверждения) клеевой композиции при температуре 100 °С. Полученные закономерности приведены на рис. 3.

При использовании СА время желатинизации свежеприготовленного клея составляет 105 с, через 4 ч снижается до 98 с, а через 8 ч – до 79 с. При использовании системы (10 % ТДК + 1 % СА) значительно меньше и составляет 93 с у свежеприготовленной смеси и 72 с – через 8 ч с момента приготовления смеси. Ещё большее снижение времени желатинизации у смеси, содержащей 20 % ТДК и 0,5 % СА. В этом случае время желатинизации свежеприготовленной смеси составляет 80 с и снижается до 51 с через 8 ч выдержки.

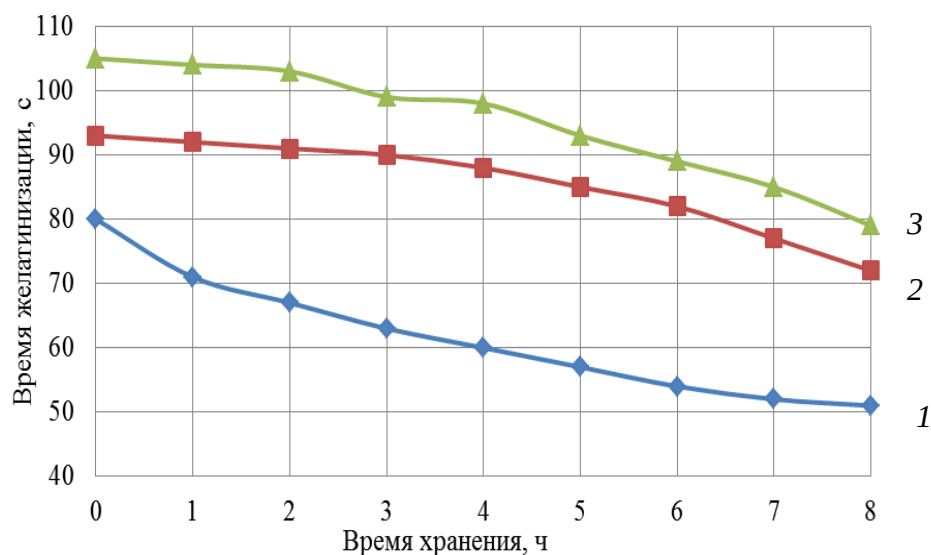


Рис. 2. Влияние расхода модификаторов на время желатинизации при температуре 100 °С: 1 – 20 % ТДК + 0,5 % СА; 2 – 10 % ТДК + 1 % СА; 3 – 1 % СА

Необходимо отметить, что композиция, содержащая 20 % ТДК, может отверждаться без добавки сульфата аммония. В этом случае время желатинизации составляет 105 с у свежеприготовленной композиции и снижается до 80 с через 8 ч. Благодаря присутствию примесей кислого характера, содержащихся в ТДК, можно снизить количество основного катализатора отверждения КФС.

Таким образом, высокой каталитической активностью обладает модификатор ПМК, при его использовании время отверждения снижается в 1,5...2,0 раза. Меньшее время отверждения позволит интенсифицировать режим прессования фанеры и композиционных материалов, изготовленных с использованием композиционных клеев, либо путём снижения температуры прессования.

С использованием изученных клеевых композиций были изготовлены опытные образцы пятислойной фанеры. Наружные слои были изготовлены из шпона древесины берёзы толщиной 1,5 мм. Для внутренних слоёв использовали шпон из древесины ольхи. Расход клеев составил 128 г/м² шпона, давление прессования – 2,0 МПа, температура плит пресса – 120 °С. Время прессования пакета шпона составило 2 мин, а время снятия давления – 1 мин. Испытания полученной фанеры проводили через 3 суток после изготовления по ГОСТ 3916.1–96, ГОСТ 9624–93, ГОСТ 3916.2–96. Полученные показатели и требования ГОСТ 3916.1-96 и ГОСТ 3916.2-96 приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Свойства опытных образцов фанеры

Показатель	Состав клея для получения фанеры			Требования ГОСТ 3916.1–96 и ГОСТ 3916.2–96
	1 % СА (контроль)	10 % ТДК + + 1 % СА	20 % ТДК + + 0,5 % СА	
$\sigma_{\text{СК}}^{\text{сух}}$, МПа	2,1	2,5	2,6	не нормируется
$\sigma_{\text{СК}}^{\text{вл}}$, МПа	1,8	2,2	2,1	не менее 1,0
$E_{\text{ф}}$, мг/100 г	5,5	5,2	5,0	до 8,0 для класса E1

Обозначения: $\sigma_{\text{СК}}^{\text{сух}}$ – прочность на скалывание в сухом состоянии; $\sigma_{\text{СК}}^{\text{вл}}$ – прочность на скалывание после вымачивания в воде в течении 24 ч; $E_{\text{ф}}$ – содержание формальдегида

Все образцы полученной фанеры соответствуют требованиям ГОСТ. Фанера, изготовленная с использованием в качестве наполнителя ТДК, имеет более высокую механическую прочность и более низкое содержание токсичного формальдегида.

Выводы:

1. Технический диоксид кремния (ТДК), образующийся в качестве побочного продукта при производстве солей алюминия содержит примеси минеральных кислот, снижающих величину pH клея.

2. Применение ТДК позволяет снизить расход традиционного катализатора (сульфата аммония) в 1,5...2,0 раза.

3. Использование ТДК повышает реакционную способность клеевой композиции: время желатинизации при 100 °С снижается на 20...30 с.

4. Использование ТДК позволяет снизить расход смолы при производстве фанеры на 10...20 %.

5. Фанера, изготовленная с использованием ТДК, имеет более высокие механические показатели: прочность в сухом состоянии увеличивается на 19...23 %, прочность после вымачивания в воде увеличивается на 16...22 %.

6. Содержание формальдегида в фанере, изготовленной с использованием ТДК, снижается на 5...10 %.

7. Катализатор ПМК снижает время желатинизации в 1,5...2,0 раза, что позволяет снизить время прессования фанеры или древесностружечных плит и расход тепла на их производство.

УДК 678.652:674.816.2

**Изучение химического состава промышленной
карбамидоформальдегидной смолы марки КФ-МТ-15**

П.К. Никифорова¹, М.Ю. Захаренкова²

¹ООО «Слотекс-И»

*²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова*

Методом спектроскопии ЯМР ¹³С изучен химический состав промышленной карбамидоформальдегидной смолы марки КФ-МТ-15. Приведён качественный и количественный анализ полученных спектров. Методом ИК-спектроскопии установлен состав отверждённой смолы. Раскрыто влияние химического состава на свойства однослойных древесностружечных плит.

Ключевые слова: карбамидоформальдегидная смола, спектроскопия ЯМР ¹³С, древесностружечные плиты.

В современной промышленности при производстве древесностружечных плит самым распространенным видом связующего является карбамидофор-

мальдегидная смола (КФС). По сравнению с другими формальдегидосодержащими смолами, КФС имеет ряд преимуществ, таких как низкая стоимость, быстрое время отверждения, прозрачный клеевой шов и т. п. Во многом свойства готовой продукции определяются не только физико-химическими показателями КФС, которые регламентируются соответствующими стандартами, но и химическим составом смол. От химического состава во многом зависят прочность и водостойкость древесных плит, а также выделение из них вредных летучих веществ, главным образом, формальдегида.

Цель работы – установить химический состав КФС и определить его влияние на свойства древесностружечных плит, изготовленных с использованием изучаемой смолы. В качестве объекта исследования выбрали промышленную КФС марки КФ-МТ-15, изготовленную на одном из отечественных предприятий. Согласно результатам определения физико-химических показателей (табл. 1), изученная смола соответствовала требованиям ТУ 6-06-12–88.

Таблица 1 – Физико-химические показатели промышленной КФ-МТ-15

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля сухого остатка, %	65,1
Условная вязкость, с	69
Время желатинизации 100 °С, с	
• концентрированная	43
• концентрации 53 %	53
Массовая доля свободного формальдегида, %	
• рассчитанная относительно товарной смолы	0,14
• рассчитанная относительно абс. сух. смолы	0,21
Массовая доля метилольных групп, %	
• рассчитанная относительно товарной смолы	14,4
• рассчитанная относительно абс. сух. смолы	22,1

Одним из наиболее распространённых и эффективных способов изучения химического состава формальдегидосодержащих смол является спектроскопия ЯМР ^{13}C [3]. Для анализа отбирали 300 мкл смолы и смешивали с 150 мкл диметилсульфоксида. Для получения спектров использовали спектрометр «Bruker»; при частоте 100 МГц, проводили 1024 измерения в течение 1 ч.

Согласно полученным данным (рис. 1), изучаемая КФ-МТ-15 содержит все сигналы, характерные для КФС [9]. Карбамидоформальдегидные олигомеры (КФ-олигомеры) образованы метиленовыми и диметиленэфирными связями и содержат метилольные группы как I, так и II типа. Некоторое количество КФ-олигомеров содержат уроновые циклы, о чём свидетельствуют сигналы ядер ^{13}C в области 154,96 м. д. Помимо свободного формальдегида (сигнал ядер ^{13}C в области 82,16 м. д.), в КФС содержится свободный карбамид, о чём свидетельствуют сигналы в области 162,38 м. д.

На спектре ЯМР ^{13}C не наблюдаются сигналы, характерные для метанола и его производных, т. е., либо содержание метанола в КФС настолько низкое, что его невозможно обнаружить при принятых условиях получения спектров, либо метанола нет вовсе. Возможно, для синтеза смолы использовали безметаноль-

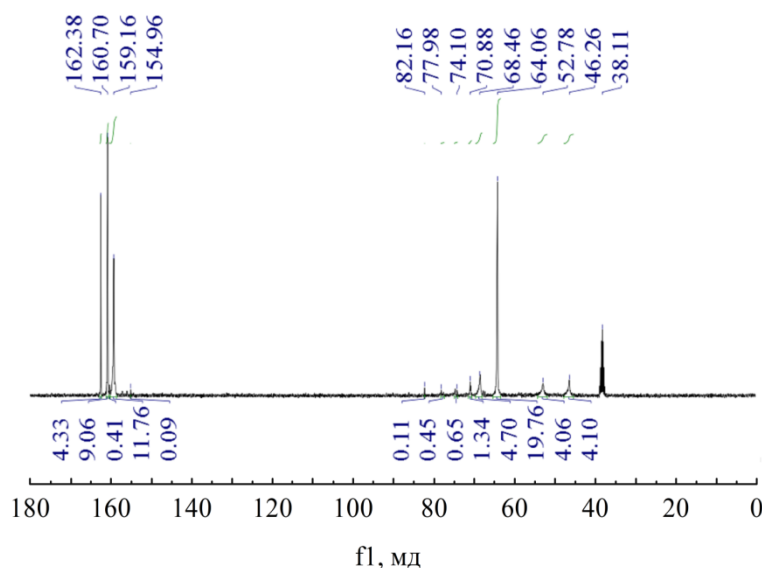


Рис. 1. Спектр ЯМР ^{13}C промышленной карбамидоформальдегидной смолы марки КФ-МТ-15 (1000 МГц, ДМСО)

лений от основной цепи. Достаточно высоким является содержание в КФ-олигомерах диметиленэфирных связей; так, количество ядер ^{13}C относящихся к метиленовым группам диметиленэфирных связей составляет 41,5 % от общего числа метиленовых групп, относящихся к связям между остатками карбамида. Содержание остаточного карбамида в КФС сравнительно низкое; большая часть карбонильного углерода относится к фрагментам $(-\text{NH}-\text{C}(\text{O})-\text{NH}-)$ и $(\text{H}_2\text{N}-\text{C}(\text{O})-\text{NH}-)$, т.е. карбамид в ходе синтеза преимущественно превратился в метилольные производные и КФ-олигомеры.

Таблица 2 – Характеристика спектров ЯМР ^{13}C карбамидоформальдегидной смолы марки КФ-МТ-15

Структура	Химический сдвиг, м.д.	Доля ядер
Метиленовый углерод	—	100
Метиленовые связи	—	23,20
$-\text{NH}-\underline{\text{CH}_2}-\text{NH}-$	46...48	11,66
$-\text{NH}-\underline{\text{CH}_2}-\text{N}=\text{}$	53...55	11,54
Диметиленэфирные связи	—	16,49
$-\text{NH}-\underline{\text{CH}_2}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{NH}-$	68...70	13,36
$-\text{NH}-\underline{\text{CH}_2}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{N}=\text{}$	75...77	1,85
$=\text{N}-\underline{\text{CH}_2}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{N}=\text{}$	78...80	1,28
Метилольные группы	—	59,99
$-\text{NH}-\underline{\text{CH}_2}\text{OH}$	64...66	56,18
$=\text{N}-\underline{\text{CH}_2}\text{OH}$	71...72	3,81
Прочее	—	0,32
Св. формальдегид	83...95	0,32
Карбонильный углерод	—	100
Уроновая структура	154...158	0,62
$-\text{NH}-\underline{\text{C}}(\text{O})-\text{NH}-$	159...161	45,74
$\text{H}_2\text{N}-\underline{\text{C}}\text{O}-\text{NH}-$	161...162	36,81
$\text{H}_2\text{N}-\underline{\text{C}}\text{O}-\text{NH}_2$	163...164	16,83

ное сырьё (безметанольный формалин, либо карбамидоформальдегидный концентрат). Также в ходе синтеза, вероятнее всего, не протекала реакция Канницаро-Тищенко, по которой метанол может образоваться из формальдегида [8].

Согласно результатам количественного анализа КФС методом ЯМР ^{13}C , КФ-олигомеры изучаемой смолы содержат сопоставимое количество метиленовых связей I и II типов, что говорит о большом количестве ответв-

Отверждённую КФ-МТ-15 изучали с использованием ИК-спектроскопии. Для этого 5 г смолы переносили в стеклянный бюкс и выдерживали в термостате при 110 °С в течение 2,5 мин. Полученный карбаминоформальдегидный полимер (КФ-полимер) измельчали и отбирали фракцию 0,5/–. ИК-спектры получали на спектрометре марки ФСМ-1201.

Особенностью ИК-спектра изучаемой КФ-МТ-15 является отсутствие сильной полосы поглощения в области 1560 см⁻¹, которая соответствует деформационным колебаниям связи N–H вторичных амидов (полоса амид II) и отсутствие сильной полосы поглощения в области 1435 см⁻¹, которая соответствует деформационным колебаниям связи C–N, относящимся либо к метоксильным группам, либо к метилольным группам, либо к метиленовым связям [10, 12]. Слабые сигналы вторичных амидов могут свидетельствовать о сравнительно густой сетчатой структуре, образующейся при отверждении КФ-МТ-15.

В работе [4] показано, что отсутствием сильных полос поглощения в области 1560 и 1437 см⁻¹ ИК-спектры маломольной КФС (мольное соотношение карбамид : формальдегид = 1 : 1,0) отличаются от ИК-спектров средне- и высокомолярных смол (мольное соотношение карбамид : формальдегид = 1 : >1,1). При этом известно, что КФ-полимеры маломольных смол отличаются сравнительно невысоким содержанием поперечных метиленовых связей и сравнительно высоким содержанием кристаллической фазы [11]. Поскольку промышленные КФС марки КФ-МТ-15 синтезируют при мольном соотношении карбамид : формальдегид = 1 : 1,22 [2], получение сравнительно густой сетчатой структуры при их отверждении ожидаемо.

Однослойные древесностружечные плиты, изготовленные с использованием изучаемой КФ-МТ-15, прессовали при температуре греющих плит пресса 220 °С, удельной продолжительности прессования 0,15 мин/мм толщины готовой плиты, максимальном удельном давлении 2,8 МПа (сброс давления ступенчатый). Массовая доля абс. сух смолы в связующем составляла 55 %, массовая доля абс. сух. отвердителя (сульфата аммония) от массы абс. сух. смолы 1 %.

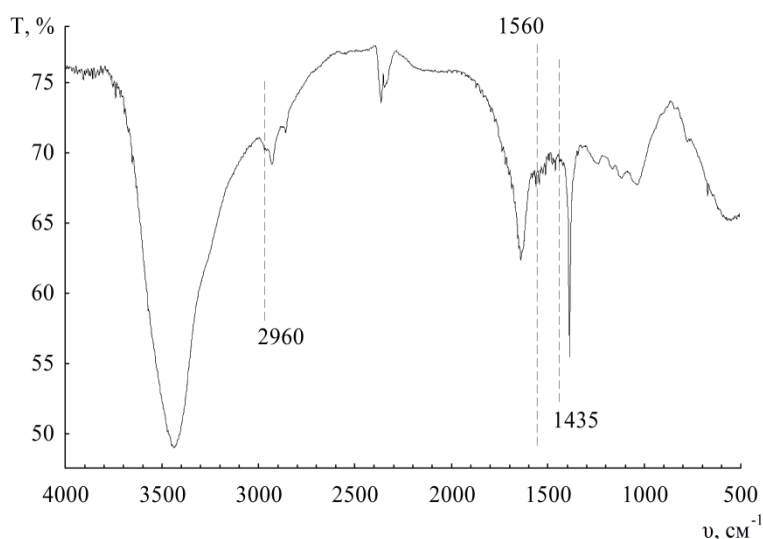


Рис. 2. ИК-спектр отверждённой промышленной карбаминоформальдегидной смолы марки КФ-МТ-15

Массовая доля абс. сух. смолы в композиции плиты составляла 12 % от массы абс. сух. стружки. Гидрофобные добавки не использовали. Результаты испытаний изготовленных плит приведены в табл. 3.

Согласно полученным данным, образцы на основе КФ-МТ-15 по прочности при изгибе и прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты соответствуют требованиям ГОСТ 10632–2014. По-

скольку при изготовлении плит не использовали гидрофобных добавок, водостойкость образцов определяется только водостойкостью связующего. По сравнению с однослойными древесностружечными плитами, изготовленными без использования гидрофобных добавок [2, 4], плиты на основе изучаемой смолы, отличаются низкими водопоглощением и разбуханием по толщине. Вероятно, сравнительно высокая водостойкость определяется сравнительно большим количеством ответвлений от основной цепи КФ-олигомеров (наличие в составе олигомеров метиленовых связей II типа, а также диметиленэфирных связей II и III типов, табл. 2). Разветвлённые олигомеры при отверждении КФС образуют КФ-полимер с большим содержанием поперечных связей, что косвенно подтверждается результатами ИК-спектроскопии.

Таблица 3 – Физико-механические свойства древесностружечных плит, изготовленных с использованием промышленной КФ-МТ-15

Показатель	Значение
Плотность, кг/м ³	660
Предел прочности при изгибе, МПа	24,2
Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти, МПа	0,40
Водопоглощение при выдержке в воде в течение 24 ч, %	71
Разбухание по толщине при выдержке в воде в течение 24 ч, %	38
Содержание формальдегида*, мг/100 г	20,3

* по баночному методу (WKI) [1]

Изготовленные древесностружечные плиты отличаются очень высоким содержанием формальдегида, более чем в 2 раза превышающим минимальные требования к плитам класса эмиссии E2 согласно ГОСТ 10632–2014. Поскольку содержание свободного формальдегида в КФ-МТ-15 не превышает требования ТУ (см. табл. 1), основной вклад в токсичность плиты вносит реакционный формальдегид, образующийся при отверждении смолы. Известно, что в ходе трёхмерной поликонденсации КФ-олигомеров, формальдегид может образовываться в результате взаимодействия метилольных групп друг с другом с образованием диметиленэфирных связей и их последующим превращением в метиленовые с выделением формальдегида [5, 6]. Диметиленэфирные связи КФ-олигомеров также являются источниками формальдегида.

Существенный вклад в образование формальдегида при отверждении КФС может внести и сравнительно низкое содержание остаточных аминогрупп, входящих в состав структур ($\text{H}_2\text{N}-\text{C}(\text{O})-\text{NH}-$) и свободного карбамида (табл. 2). Побочным продуктом взаимодействия метилольных групп с аминогруппами является вода; при низком содержании аминогрупп, основной реакцией образования сшивок между КФ-олигомерами будет взаимодействие метилольных групп друг с другом. Кроме того, свободный карбамид в составе смолы может выполнять функции акцептора формальдегида [7]; низкое содержание свобод-

ного карбамида также может оказывать негативное влияние на токсичность изготовленных плит.

Выводы:

1. Методом спектроскопии ЯМР ^{13}C установлено, что промышленная карбамидоформальдегидная смола (КФС) марки КФ-МТ-15 отличается наличием карбамидоформальдегидных олигомеров (КФ-олигомеров) с большим количеством ответвлений от основной цепи. Олигомеры образованы как метиленовыми, так и диметиленэфирными связями, причём содержание метиленовых групп, относящихся к диметиленэфирным связям, составляет 41,5 % от числа метиленовых групп, относящихся к связям между остатками карбамида.

2. В ходе отверждения КФС разветвлённые КФ-олигомеры образуют карбамидоформальдегидный полимер, отличающийся сравнительно густой сетчатой структурой. Древесностружечные плиты на основе изученной КФС отличаются относительно высокими прочностью и водостойкостью.

3. Из-за низкого содержания остаточного карбамида и активных аминогрупп, а также из-за высокого количества диметиленэфирных связей, при отверждении изучаемой КФС активно выделяется поликонденсационный формальденд. Содержание формальдегида в древесностружечных плитах более чем в 2 раза превышает минимальные требования к материалам класса эмиссии E2 согласно ГОСТ 10632–2014.

Литература:

1. *Васильев В.В.* Экспресс-метод определения содержания формальдегида в древесных плитах // Бюллетень Ассоциации ЛЕСТЕХ. 2024. № 3(17). С. 32–35. URL: <https://alestech.ru/bulletin/article/185>, свободный (дата обращения: 04.03.2024). EDN: EQCBGO.

2. *Вьюнков С.Н., Васильев В.В.* Карбамидоформальдегидные смолы с молярным соотношением формальдегида к карбамиду менее единицы // Древесные плиты: теория и практика: материалы 22-й междунар. науч.-практ. конф. / Под ред. А.А. Леоновича. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. С. 97–101. EDN: FBUOFR.

3. *Иванов Д.В., Воронин Д.Н., Федорова А.М.* Возможности спектроскопии ядерного магнитного резонанса при анализе формальдегидсодержащих смол // Древесные плиты и фанера: теория и практика: материалы всерос. науч.-практ. конф. 21–22 марта 2023 г. – СПб., 2023. – С. 68–78. EDN: YUCACG.

4. *Иванов Д.В., Никифорова П.К., Захаренкова М.Ю.* Свойства карбамидоформальдегидных смол, синтезированных при разных молярных соотношениях карбамид : формальдегид // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 251. С. 381–398. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.251.381-398.

5. *Леонович А.А.* Модифицирование древесных плит. Основные направления и принципы: учебное пособие; 2-е изд., испр. и доп. – СПб: Изд-во «Лань», 2019. – 104 с.

6. *Леонович А.А., Войтова Т.Н., Шпаковский В.Г.* Акцептор формальдегида с заданным температурным интервалом действия // Древесные плиты: теория и

практика: материалы 18-й международной научн.-практич. конференции 18–19 марта 2015 года / Под ред. А.А. Леоновича. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. С. 33–40.

7. Леонович А.А., Иванов Д.В. К вопросу минимизации содержания формальдегида в древесных плитах. // Древесные плиты: теория и практика: материалы 18-й международной научн.-практич. конференции 15–16 марта 2017 года / Под ред. А.А. Леоновича. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 27–31. EDN: YMBOXF.

8. Огородников С.К. Формальдегид. – Л.: Химия, 1984. – 280 с.

9. Christjanson P., Pehk T., Simer K. Structure formation in urea-formaldehyde resin synthesis // Proc. Estonian Acad. Sci. 2009. Vol. 55. P. 212–225. DOI: 10.3176/chem.2006.4.04.

10. Dorieh A., Mahmoodi N., Mamaghani M., Pizzi A., Mohammadi Zeydi M. Comparison of the properties of urea-formaldehyde resins by the use of formalin or urea formaldehyde condensates // J. Adhes. Sci. Technol. 2018. 32(23) P. 2537–2551. DOI: 10.1080/01694243.2018.192780.

11. Li J., Zhang Y. Morphology and Crystallinity of Urea-Formaldehyde Resin Adhesives with Different Molar Ratios // Polymers. 2021. Vol. 13(5), No. 673. DOI: 10.3390/polym13050673.

12. Xu G., Liang J., Zhang B., Wu Z., Lei H., Du G. Performance and structures of urea-formaldehyde resins prepared with different formaldehyde solutions. Wood Sci. Technol. 2021. Vol. 55. P. 1419–1437. DOI: 10.1007/s00226-021-01280-y.

УДК 674-419.32

Влияние количества меламина в смоле на свойства клеевых композиций и готовой продукции

Е.Г. Соколова

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова*

Определены свойства меламинокарбамидоформальдегидных смол с разным содержанием меламина (20...25 %). Определены зависимости прочности и токсичности фанеры от количества меламина в смоле и времени склеивания. Увеличение времени склеивания и содержания меламина в смоле ведёт как к повышению прочности фанеры, так и к её удорожанию. Установлена возможность применения меламинокарбамидоформальдегидной смолы с наименьшим содержанием меламина (20 %) для получения фанеры повышенной водостойкости.

Ключевые слова: фанера, модификация, меламин, меламинокарбамидоформальдегидная смола.

Для производства низкотоксичной фанеры возможно использовать не только клеевые составы на основе карбамидоформальдегидных и фенолофор-

мальдегидных смол, но и олигомеры, в которых часть приведённых смол заменены на связующие других типов. В качестве модификаторов применяются меламина, фенол, шунгит, алюмосиликаты, пектол, метилendiизоцианат, полидифенилметандиизоцианат, танины, фурфурол, эпихлоргидрин, окисленный крахмальный реагент и другие модификаторы, а также их комбинации [1–5]. Добавление меламина позволяет получить широкий спектр смол с новыми свойствами. Показатели полученных смол будут зависеть как от количества меламина, так и от режимов синтеза смол. Для производства фанеры повышенной водостойкости разработаны технологии производства меламинакарбамидоформальдегидных смол (МКФС) с содержанием меламина до 25 %. Основные показатели меламинакарбамидоформальдегидных смол с разным содержанием меламина представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Основные показатели меламинакарбамидоформальдегидных смол

Наименование показателя	Величина показателя при содержании меламина, %		
	20	23	25
Массовая доля сухого остатка, %	65	68	70
Условная вязкость по ВЗ-246, с	97	99	86
Время желатинизации при 100 °С, с	98	89	88

С целью оценки эффективности применения клеев на основе МКФС необходимо было изготовить экспериментальные образцы фанеры. Условия склеивания приведены в табл. 2. Сравнительные результаты испытаний 3-х слойной фанеры на прочность и токсичность представлены на рис. 1 и рис. 2.

Таблица 2 – Условия склеивания трёхслойной фанеры

Состав клея, масс. ч.	Технологические параметры склеивания			
	Q , г/м ²	P , МПа	t , °С	τ , мин
МКФС – 100	120...130	1,8...2,0	130	9,0
Хлорид аммония – 1,0				8,0
				7,0

О б о з н а ч е н и я: Q – расход клея; P – удельное давление прессования, t – температура прессования; τ – продолжительность прессования

Из приведённых данных видно, что МКФС с содержанием меламина от 20 до 25 % позволяют получить фанеру повышенной водостойкости с соблюдением требований ГОСТ 3916.1. С увеличением времени склеивания и содержания меламина в смоле растёт и прочность фанеры. Содержание формальдегида уменьшается при увеличении времени склеивания и уменьшении количества меламина в смоле. Токсичность фанеры, склеенной с применением МКФС, соответствует современным стандартам. Увеличение времени склеивания и содержания меламина в смоле ведёт как к повышению прочности фанеры, так и к её удорожанию. Поэтому возможно применение МКФС с наименьшим содержанием меламина 20 % для получения фанеры повышенной водостойкости.

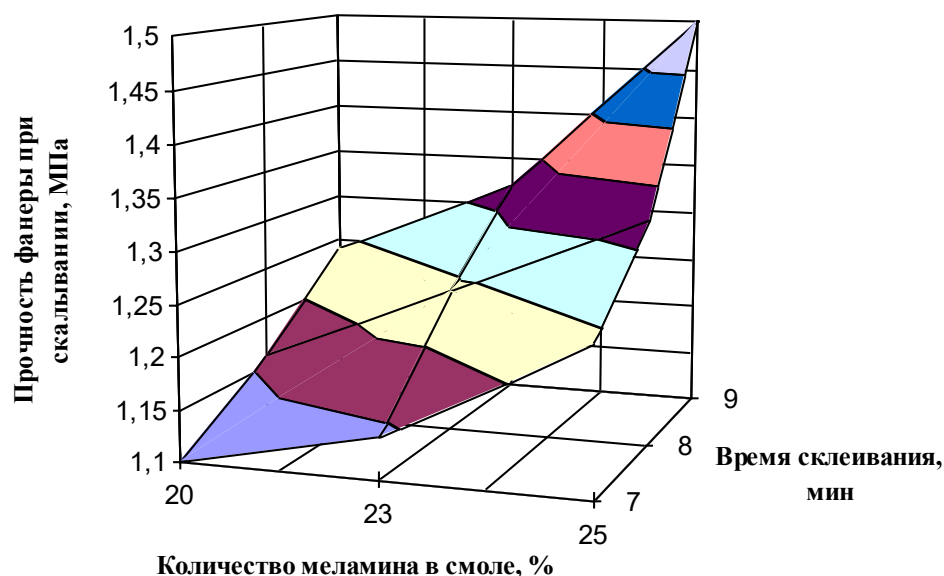


Рис. 1. Зависимость прочности фанеры при скалывании от количества меламина в смоле и времени склеивания

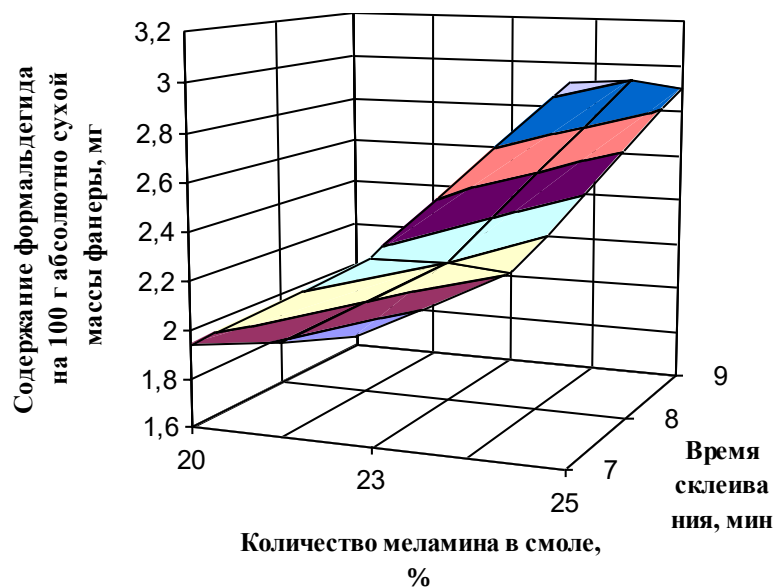


Рис. 2. Зависимость токсичности фанеры от количества меламина в смоле и времени склеивания

Литература:

1. Варанкина Г.С., Брутян К.Г., Чубинский А.Н. Модифицированные карбамидоформальдегидные и феноло-формальдегидные клеи для древесно-стружечных плит и фанеры // Клеи. Герметики. Технологии. 2017. № 6. С. 14–19. EDN: YSOZZD.
2. Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Чубинский А.Н. Склеивание фанеры модифицированными клеями // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 4 (28). С. 133–138. EDN: VDFNUR.
3. Кондратьев В.П., Чубов А.Б., Соколова Е.Г. Совершенствование эксплуатационных свойств и технологии фанеры повышенной водостойкости //

Известия Санкт-Петербургской Лесотехнической академии. 2011. Вып. 194. С. 116–124. EDN: PJQHAN.

4. Русаков Д.С., Варанкина Г.С., Чубинский А. Н. Модификация феноло- и карбамидоформальдегидных смол побочными продуктами производства целлюлозы // Клеи. Герметики. Технологии. 2017. №6. С. 16–20. EDN: ZDNLTХ.

5. Русаков Д.С. Модификация фенолоформальдегидной смолы продуктами сульфитно-целлюлозного производства // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 1(29). С. 113–119. DOI: 10.18324/2077-5415-2016-1-113-119.

УДК 674-419.32

Особенности образования плитного материала из подсолнечной лузги

Л.В. Замазий, А.А. Леонович

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова*

Рассматриваются особенности образования композиционных материалов, на основе подсолнечной лузги, древесины и их сочетания. Изучали процесс послойного прогрева ковра в процессе горячего прессования. Определяли зависимость прочности плит от доли подсолнечной лузги. Оценивали поведение плит в условиях переменной влажности.

Ключевые слова: подсолнечная лузга, древесностружечные плиты, статистическая прочность, динамическая прочность, кинетика водопоглощения.

На масложировых производствах в нашей стране ежегодно образуется порядка 4 млн. т подсолнечной лузги из расчёта, что валовый сбор в 2024 г. составил 14,9 млн. т подсолнечника [1], а при переработке объём образовавшейся лузги составляет 20...30 % от общей массы [2]. Рациональная утилизация отходов масложировых производств, в частности подсолнечной лузги, представляет собой значимую технологическую и экологическую задачу. В настоящее время активно исследуются методы включения данного вида отхода в рецептуру строительных материалов. Наибольший потенциал применения таких композиционных материалов актуален для индивидуального деревянного малоэтажного домостроения в южных регионах нашей страны, где главным образом произрастает подсолнечник.

Известны работы о попытках включения использования подсолнечной лузги в состав плитных материалов, решаемых на технологическом уровне [2, 4]. Однако без глубокого изучения особенностей положительный результат получить не удавалось. В настоящей статье предпринята попытка частично восполнить этот пробел.

Целью работы является выявление особенностей плитообразования материала содержащего лузгу. Для этого предстояло:

1. Оценить прочностные свойства композита с переменной долей лузги;
2. Учесть особенности теплопередачи при горячем прессовании композита;

3. Получить предварительную оценку свойств данного материала.

Использовали подсолнечную лузгу, предоставленную АО «КМЭЗ», г. Казань. Средние размеры частиц лузги составляют по длине 10,6 мм, ширине 3,1 мм, толщине 0,24 мм. От лузги отделяли отсев (который составлял 5...7 %). Применяли стружку из лиственных пород древесины фракцией 7/2. В качестве связующего использовали карбамидоформальдегидную смолу (КФС) марки КФ-МТ-15. Соотношение лузга/стружка варьировали в широких пределах. Плиты толщиной 10 мм прессовали при экспериментально установленной температуре 170 °С, с удельным давлением первой ступени 3,0 МПа, второй ступень – 1,5 МПа, третьей ступени – 0,9 МПа и выдержке плит 0,5 мин/мм толщины плиты. Фиксировали температуру внутреннего на глубине 5 мм и наружных слоёв на глубине 2 мм с помощью термодатчиков (термопар), подключенных к прибору НТ-9815. Прочность модуль упругости и водостойкость определяли по ГОСТ 10632–2014.

В процессе прессования установили, что прессуемый ковёр из подсолнечной лузги прогревается много медленнее, чем из древесины. На рис. 1 приведены значения температур как для наружных, так и для внутренних слоёв плит.

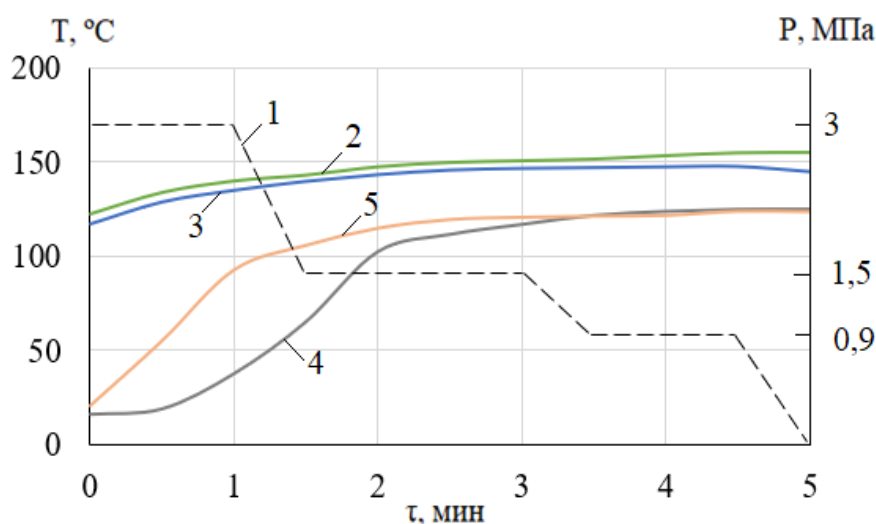


Рис. 1. Послойная скорость прогрева древесных плит: 1 – циклограмма прессования; 2, 4 – температура верхнего и внутреннего слоёв плиты из лузги; 3, 5 – температура верхнего и внутреннего слоя плиты из древесных частиц (стружки)

Температура наружных слоёв ковра определяется температурой греющих плит пресса, прогрев происходит быстро и кривые (2 и 3) буквально совпадают. В силу различия теплофизических свойств древесины и лузги внутренний слой последней прогревается много медленнее – кривая (4), особенно по механизму теплопроводности. Поскольку плотность материалов одинакова, то различие может быть обусловлено большим числом поверхностей раздела частиц для плит из лузги. На участке достижения температуры 100 °С очевидно, что прогрев плиты из лузги осуществляется примерно в два раза медленнее, чем у плиты из древесины. Более медленная скорость прогрева в варианте лузги приводит к необходимости увеличить продолжительность горячего прессования. Однако, по термостойкости биологических компонентов лузги увеличение вы-

держки ухудшает внешний вид плит, в которых наблюдаются признаки потемнения. Следовательно, рассматривать прочностные особенности плит правильнее будет из относительно мягкого режима изготовления обоих видов.

В табл. 1 приведена прочность плит, содержащих разную долю подсолнечной лузги. С повышением доли лузги в рецептуре снижается прочность изготовленных плит, при этом лузга закономерно снижает как статическую прочность, так и динамическую. Нормируя результаты, к исходным (монокомпози-там) обнаруживается (рис. 2.), что лузга несколько увеличивает относительную упругость по сравнению с древесиной. Это может быть связано с интегральным увеличением числа клеевых швов по мере увеличения доли лузги в плитах.

Таблица 1 – Прочностные показатели плитных материалов, содержащих разную долю подсолнечной лузги

Состав, %		$\sigma_{\text{изг}}$, МПа		E , МПа	
древесина	лузга	$\bar{y}$	m	$\bar{y}$	m
100	0	24,3	$\pm 1,00$	2630	± 128
80	20	21,0	$\pm 0,90$	2280	± 106
60	40	17,5	$\pm 0,85$	1890	± 85
50	50	15,2	$\pm 0,63$	1640	± 78
40	60	13,4	$\pm 0,51$	1490	± 60
20	80	10,4	$\pm 0,43$	1150	± 54
0	100	7,4	$\pm 0,36$	870	± 35

О б о з н а ч е н и я: $\sigma_{\text{изг}}$ – предел прочности при статическом изгибе; E – модуль упругости при статическом изгибе, $\bar{y}$ – среднее арифметическое значение; m – ошибка среднего арифметического

Выдвинута гипотеза об упрочняющем эффекте лузги за счёт заполнения пустот между древесными частицами, которые рассматривались нами как источники роста трещин при напряжении. Однако подтверждение в эксперименте получено не было из-за отсутствия явно выраженного эффекта взаимодействия.

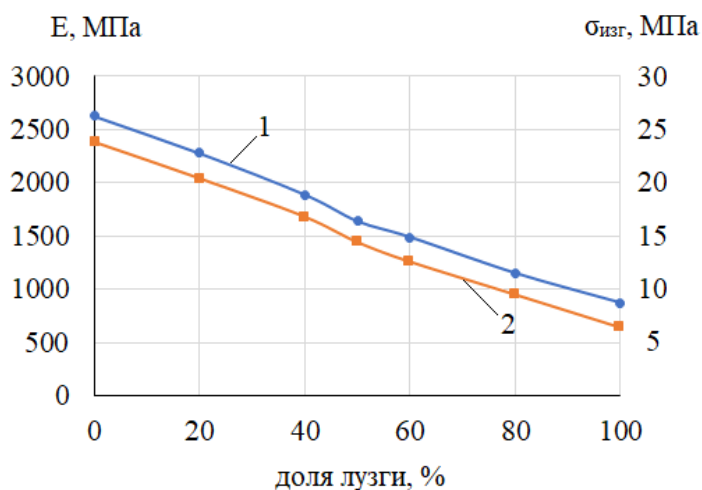


Рис. 2. Зависимость прочности плит от доли подсолнечной лузги в плитах: 1 – модуль упругости при статическом изгибе (E), МПа; 2 – предел прочности при статическом изгибе ($\sigma_{\text{изг}}$), МПа

Тогда рентабельность производства плит с использованием лузги будет определяться экологическими аспектами в связи с необходимостью затратной утилизации неиспользуемой лузги. Эксплуатационные характеристики должны включать в первую очередь поведение будущих плит в условиях переменной влажности. Предельным случаем будет характеристика водостойкости при нахождении плит в воде до двух часов,

как это принято для теплоизоляционных материалов и при нахождении до полного водопоглощения. Здесь важно определить разбухание материала поскольку с ним связано давление материала и возможное коробление конструкций.

На рис. 3 и 4 приведены графики водопоглощения (ΔW) и разбухания по толщине (ΔS) до равновесного состояния. Во всех случаях плита из подсолнечной лузги поглощает воду быстрее и в большем количестве, что связано с содержанием гидрофильных компонентов во внутреннем слое частиц лузги. Скорость увлажнения как в отношении поглощённой массы, так и степени разбухания с увеличением доли лузги возрастает.

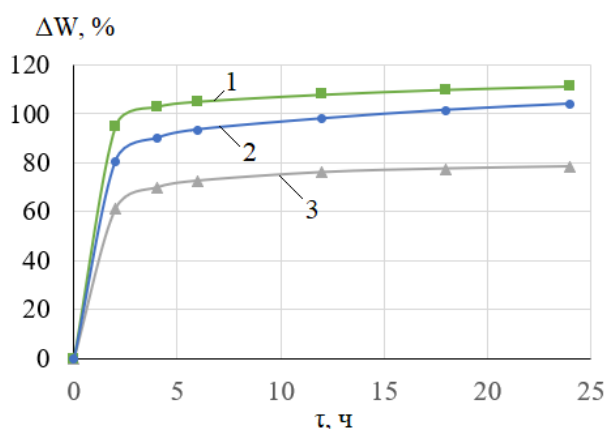


Рис. 3. Водопоглощение в воде за 24 ч: 1 – плита из подсолнечной лузги; 2 – плита из смеси подсолнечной лузги и древесины (50/50); 3 – плита из древесных частиц

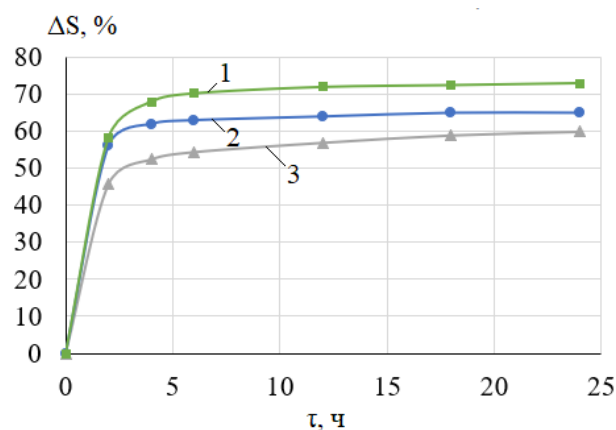


Рис. 4. Разбухание в воде за 24 ч: 1 – плита из подсолнечной лузги; 2 – плита из смеси подсолнечной лузги и древесины (50/50); 3 – плита из древесных частиц

Таким образом, лузга как наполнитель для материалов типа древесностружечных плит негативно влияет на водопоглощение и разбухание и приводит к необходимости вводить в композицию гидрофобные добавки. В табл. 2 приводится кинетика водопоглощения плит, содержащих подсолнечную лузгу.

Таблица 2. Кинетика водопоглощения материалов, содержащих лузгу

Номер плиты	Состав	Коэффициент стабильности	Скорость на первом участке, %/ч	
			ΔW	ΔS
1	100 масс. ч. лузги	0,65	47,5	29,5
2	лузга 50 масс ч. / древ. 50 масс. ч.	0,71	40,0	28,5
3	100 масс. ч. древесины	0,70	30,0	22,5

Выводы:

В целом материал с значительной долей лузги должен рассматриваться как самостоятельный в отношении области применения в связи с дешевизной и доступностью подсолнечной лузги для этого необходимо определить области применения и установить для него собственную марку и технические условия.

Литература:

1. Официальный сайт ООО «РУСИД». Режим доступа: <https://ruseed.ru/>, свободный (дата обращения: 27.02.25 г.).

2. Щербаков В.Г., Лобанов В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья: учебник для студентов высших учебных заведений; 7-е изд., стер. – СПб: Лань, 2022. – 392 с. EDN: QKUTJZ.

3. Патент № 2252866 Российская Федерация, МПК В27N 3/02, C08L 97/02. Способ изготовления плит из подсолнечной лузги: № 2004102767/12 : заявл. 30.01.2004; опубл. 27.05.2005 / Глазков С.С., Левыкин Е.Н., Снычева Е.В. – 5 с.

4. Zeleniuc O., Brenci L.-M., Cosereanu C., Fotin A. Influence of adhesive type and content on the properties of particleboard made from sunflower husks // BioResources. 2019. 14(3). P. 7316–7331. DOI: 10.15376/biores.14.3.7316-7331.

УДК 674.812

Производство фанеры с использованием модифицированных карбамидоформальдегидных смол

А.Н. Чубинский, Г.С. Варанкина, Д.С. Русаков

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова*

Производство древесных композиционных материалов и в частности фанеры является одним из наиболее эффективных способов утилизации отходов, для увеличения переработки побочных продуктов производства. Цель исследования – возможность использования сталеплавильных кислотных шлаков в качестве модифицирующей добавки в карбамидоформальдегидные смолы для производства фанеры.

Ключевые слова: карбамидоформальдегидная смола, лигносульфонаты, каолин, шлаки, модификация, клей, фанера.

Для улучшения технологических и эксплуатационных свойств клеевых соединений древесных материалов широко используются химически активные добавки, например, отходы различных производств [1–6]. Для целенаправленного регулирования физико-химических свойств жидких олигомеров и клеевых соединений на их основе, в настоящей работе, применяли отходы производства ПАО «Северсталь» – сталеплавильные кислотные шлаки. Основными источниками шлаков являются: продукты окисления примесей чугуна и скрапа (кремния, марганца, фосфора, хрома и др.) [1], шихтовые материалы (известь, известняк, железная и марганцевая руда, окалина, боксит, плавиковый шпат и др., в том числе загрязнения, внесённые шихтой, – песок, грязь и т.п.) [2], продукты разрушения огнеупорной футеровки (например, если футеровка выполнена из магнезита, то, разрушаясь от плавки к плавке, она обогащает шлак MgO; если футеровка магнезитохромитовая, то кроме MgO, шлак обогащается Cr₂O₃; если футеровка из динаса, то шлак обогащается SiO₂ и т.д.) [6].

Цель исследования – установить возможность использования сталепла- вильных кислотных шлаков в качестве модифицирующей добавки в карбами- доформальдегидные смолы для производства фанеры.

В эксперименте использовали лущеный берёзовый шпон толщиной 1,5 мм, форматом 400×400 мм, клей на основе – карбамидоформальдегидной смолы, лигносульфонатов (10...20 %), каолина (3,5...7,0 %), шлаков (7...16%). В ходе эксперимента определяли: вязкость смолы, время желатинизации, содержание свободного формальдегида. Рецептuru клея представлена в табл. 1, методиче- ская сетка эксперимента представлена в табл. 2. Склеивание фанеры проводи- лось на лабораторном оборудовании, время прессования 6,5 мин, давление прессования 1,6 МПа, температура плит пресса 120 °С.

Таблица 1 – Рецептuru клея, показатели клея и фанеры

Компоненты клея	Количество, %	Вязкость, с	Время жела- тинизации, с	Расход клея, г/м ²	Упрессовка фанеры, %
Смола	100	122...196	92...101	135	7,67...9,67
Мел	0,5				
Мука	3,0				
Хлорид аммония	0,7				
Вода	0,5				
Лигносульфонаты	10...20				
Каолин	3,5...7,0				
Шлак	7...16				

Для проведения эксперимента реализован полный факторный эксперимент (ПФЭ), задачей которого было установление зависимости выходного параметра (предела прочности при скалывании фанеры по клеевому слою, МПа) от влияющих факторов. Переменные факторы и уровни их варьирования пред- ставлены в табл. 3. Матрица ПФЭ, выходная величина (отклик) представлены в табл. 4.

Эксперименты показали, что при введении лигносульфонатов и каолина в карбамидоформальдегидную смолу происходит увеличение прочности клеевого соединения, тогда как введение шлаков незначительно снижает прочность фа- неры при скалывании по клеевому слою. Реакционная способность высокомо- лекулярных компонентов, составляющих древесную матрицу, определяется её строением. Лигнин и гемицеллюлозы, сосредоточенные большей частью в межклеточном веществе и поверхностных слоях, образующих лигноуглевод- ную матрицу, являются наиболее реакционноспособными в процессах химиче- ского взаимодействия высокомолекулярных соединений с компонентами дре- весины, в том числе и при изучении поверхностных явлений на границе раздела двух фаз (жидкий клей – древесина).

Способность оксидов металлов (входящих в состав шлаков) связывать гидроксильные группы не только химически, но и координационно, что стаби- лизирует их и при нагревании не происходит разрушения полимера на про- стейшие мономеры. Свободный формальдегид карбамидоформальдегидной смолы вступает в реакцию поликонденсации и не улетучивается из системы.

Следует отметить, что незначительно повышается вязкость клея, по сравнению с чистой смолой; в целом модифицированная смола сохраняет свою однородность, цвет и прозрачность.

Таблица 2 – Методическая сетка эксперимента

Задача исследования	Постоянные факторы		Переменные факторы		Выходной параметр	Количество			
	Наименование	Значение	Наименование	Значение		Опытов	Повторений опытов	Наблюдений	Общее
Исследование зависимости прочности фанеры при скалывании по клеевому слою от количества шлаков и модификаторов (наполнителей) в смоле	Марка смолы	КФ-О	Содержание лигносульфонатов в смоле, %	10,0 15,0 20,0	Предел прочности при скалывании по клеевому слою фанеры, МПа	8	3	7	168
	Слойность фанеры	5							
	Время прессования, мин	6,5							
	Продолжительность снижения давления, мин	1,5	Содержание каолина в смоле, %	3,5 5,0 6,5					
	Шероховатость поверхности шпона, мкм	200							
	Влажность шпона, %	6 ± 2							
	Температура плит пресса, °С	120	Содержание шлаков в смоле, %	7,0 11,5 16,0					

Сталеплавильные кислотные шлаки являются эффективными компонентами для модификации карбамидоформальдегидных смол в производстве фанеры. Определены основные физико-механические показатели полученного композита. Анализ результатов исследования показывает, что введение лигносульфонатов, каолина, шлаков в карбамидоформальдегидную смолу, повышает реакционную способность готового клея.

Таблица 3 – Переменные факторы и уровни их варьирования

Наименование фактора	Единица измерения	Кодированное обозначение фактора	Интервалы варьирования	Уровни варьирования		
				–1	0	+1
Содержание лигно-сульфонатов в смоле	%	x_1	5	10	15	20
Содержание каолина в смоле	%	x_2	1,5	3,5	5,0	6,5
Содержание шлаков в смоле	%	x_3	4,5	7,0	11,5	16,0

Доказана способность оксидов металлов, входящих в состав шлаков, связывать гидроксильные группы, в связи с этим, при нагревании во время прессования не происходит разрушения полимера на простейшие мономеры, а свободный формальдегид карбамидоформальдегидной смолы вступает в реакцию поликонденсации и не улетучивается из клея.

Таблица 4 – Матрица плана и результаты ПФЭ

№ опыта	x_1	x_2	x_3	Выходной параметр
1	–1	–1	–1	1,873
2	+1	–1	–1	1,625
3	–1	+1	–1	1,281
4	+1	+1	–1	1,550
5	–1	–1	+1	1,521
6	+1	–1	+1	1,514
7	–1	+1	+1	1,270
8	+1	+1	+1	1,580

Вследствие сетчатой структуры и образования, новых углерод–углеродных связей, макромолекулы лигносульфонатов встраиваются в молекулу полимера карбамидоформальдегидной смолы, образуя пространственно-разветвленную структуру, что ведёт к повышению прочности клеевого соединения.

Литература:

1. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низкотоксичных клеевых древесных материалов. – СПб.: Химиздат, 2014. – 148 с.
2. Русаков Д.С., Чубинский А.Н., Варанкина Г.С. Совершенствование технологии склеивания древесных материалов модифицированными клеями. – СПб.: СПбГЛТУ, 2019 г. – 127 с.
3. Соколова Е.Г. Обоснование режимов склеивания шпона при производстве фанеры, изготовленной с применением меламинакарбамидоформальдедных смол // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 222. С. 175–187. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.222.175-187.
4. Соколова Е.Г. Совершенствование эксплуатационных свойств и технологии фанеры повышенной водостойкости, изготовленной с применением меламинакарбамидоформальдегидных смол // Известия Санкт-Петербургской ле-

сотехнической академии. 2017. Вып. 221. С. 282–293. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.221.282-293.

5. Угрюмов С.А. Модификация карбамидоформальдегидной смолы олеиновой кислотой для производства плитных материалов конструкционного назначения на основе костры льна // Клеи. Герметики. Технологии. 2017. № 9. С. 35–38. EDN: ZFMCPР.

6. Rusakov D.S., Varankina G.S., Chubinsky A.N. Modification of Phenol- and Carbamide-Formaldehyde Resins by Cellulose By-products // Polym. Sci. Ser. D. 2018. Vol. 11, No. 1. P. 33–38. DOI: 10.1134/S1995421218010185.

УДК 674

Обзор исследований по вопросу улучшения физико-механических свойств фанеры

Д.С. Грачев, Т.Л. Ищенко, Т.В. Ефимова

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова*

Важнейшим преимуществом фанеры перед другими древесными материалами является её высокая прочность и стабильность размеров. Важной задачей научного сообщества является поиск решений, которые позволят повысить прочностные характеристики фанеры и продлить срок её службы в условиях эксплуатации. Будущее фанеры как материала будет связано с его адаптацией к новым условиям и требованиям рынка. Важным аспектом в этом вопросе является развитие «зелёных» технологий производства, направленных на снижение экологического следа фанеры и улучшение её безопасности для здоровья человека.

Ключевые слова: фанера, физико-механические свойства, прочность, исследования, устойчивое развитие.

Фанера представляет собой многослойный материал, полученный склеиванием шпона – тонких слоёв древесины, уложенных под разными углами друг к другу. Важнейшим преимуществом фанеры перед другими древесными материалами является её высокая прочность и стабильность размеров. Эти характеристики достигаются за счёт комбинации различных пород древесины и использования высокоэффективных клеевых составов.

Современная фанера находит применение в строительстве, мебельной промышленности, автомобилестроении, а также в судостроении и авиастроении. Её широко используют благодаря низкой плотности при высокой прочности, устойчивости к изгибам и ударам. Однако, качество фанеры напрямую зависит от используемых пород древесины, клеевых материалов и режимов прессования. Изучение этих факторов не только помогает повысить прочность фанеры, но и продлевает срок её эксплуатации в различных условиях.

Порода древесины и её физико-механические свойства играют ключевую роль в прочности фанеры [3, 7, 10]. Например, берёза известна своей высокой прочностью и твёрдостью, тогда как осина, напротив, демонстрирует более низкие механические характеристики. Бук, как одна из самых плотных пород, используется для создания фанеры, предназначенной для тяжёлых условий эксплуатации [9]. На протяжении последних десятилетий фанера стала основным конструкционным материалом благодаря уникальной комбинации лёгкости и высокой прочности. Учитывая всё большее применение фанеры в различных сферах промышленности, особое внимание уделяется улучшению её качественных характеристик. В зависимости от конечного применения фанеры, от мебели до несущих конструкций, критически важными аспектами являются как физико-механические свойства древесины, так и параметры прессования.

Исследования прочности фанеры активно ведутся как в России, так и за рубежом. Важной задачей научного сообщества является поиск решений, которые позволят повысить прочностные характеристики фанеры и продлить срок её службы в условиях эксплуатации.

Работы таких авторов, как Федотова А.А. и его коллег [6], показывают, что прочность фанеры увеличивается, если направление волокон листов шпона чередуется. Это объясняется тем, что слои с различными направлениями волокон компенсируют недостатки друг друга, что приводит к улучшению механических характеристик готового продукта. Важно отметить, что фанера с параллельным направлением волокон, хотя и обладает хорошими механическими свойствами в одном направлении, может быть подвержена разрушению при воздействии на неё нагрузки под углом.

В то же время, исследования российских и зарубежных учёных [2, 5], подтверждают значимость выбора породы древесины для достижения максимальной прочности. Например, древесина лиственных пород, таких как дуб и бук, обладает высокой плотностью и хорошей способностью к склеиванию, что делает её предпочтительным выбором для производства фанеры с высокой нагрузочной способностью. Однако использование древесины хвойных пород также имеет свои преимущества, такие как низкая стоимость и лёгкость обработки. Это связано с тем, что хвойная древесина имеет более открытую пористую структуру, что способствует равномерному распределению влажности и уменьшению внутренних напряжений в материале. В то же время лиственные породы, несмотря на их высокие механические свойства, более подвержены растрескиванию и деформации при резких изменениях температуры и влажности.

Многочисленные исследования также касаются выбора клеевых составов. Карбамидоформальдегидные смолы, используемые в большинстве промышленных производств фанеры, обеспечивают высокую прочность клеевого соединения при относительно низкой стоимости [4]. Тем не менее исследования показывают, что выбор клея также зависит от условий эксплуатации фанеры – например, для наружных условий лучше использовать фенолформальдегидные смолы, которые обладают большей устойчивостью к воздействию влаги.

Современные исследования в области производства фанеры также направлены на поиск способов оптимизации производственного процесса и минимизации воздействия окружающей среды. Например, использование альтернативных клеевых составов на основе растительного сырья активно исследуется на международном уровне [14].

Некоторыми исследователями рассматривается возможность внедрения новых технологий в производство фанеры, таких как использование наноматериалов для улучшения прочностных характеристик.

В работе [1] исследовались образцы фанеры, изготовленные с использованием клея, в состав которого входил гидрогель нанокристаллической целлюлозы (НКЦ) в количестве 2,5 и 5,0 %. Они обладали более высокими физико-механическими характеристиками: предел прочности при скалывании увеличивается на 5 %, прочность и модуль упругости при изгибе на 10...15 %. Также были сделаны выводы о том, что содержание в смоле нанокристаллической целлюлозы в количестве 2,5 % является достаточным для увеличения прочностных характеристик древесных слоистых пластиков.

Авторами работы [5] предложено обрабатывать НКЦ ультразвуком. При активации НКЦ ультразвуком предел прочности по клеевому шву в сухом состоянии возрастает по сравнению с контрольным образцом на 16 %, а при дополнительной обработке склеенной фанеры импульсным магнитным полем (ИМП) на 23 %. Общее среднее увеличение прочности при содержании НКЦ до 2 % с последующей обработкой ультразвуком и ИМП составило 50 %. При этом увеличение прочности при скалывании следует ожидать при использовании гидрогеля нанофибриллярной целлюлозы, ионизированной в сильном магнитном поле.

В работе [8] проводились исследования влияния добавленной активированной ультразвуком и импульсным магнитным полем НКЦ в фенолоформальдегидные и карбамидоформальдегидные смолы, используемые при склеивании фанеры и массивной древесины. В качестве выводов авторы показали, что прочность клеевого шва при склеивании древесины увеличилась в 2 раза, при склеивании фанеры в 1,5 раза.

Для улучшения эксплуатационных характеристик фанеры в условиях повышенной влажности и перепадов температур в настоящее время ведутся разработки специальных защитных покрытий. Эти покрытия, основанные на полимерных материалах, могут существенно увеличить срок службы фанеры, защищая её от разрушительных внешних воздействий. Например, исследования Ерофеева Д.А. [2] показывают, что использование водоотталкивающих покрытий на основе полиуретана позволяет уменьшить водопоглощение, а применение таких технологий в производстве фанеры значительно увеличит её стойкость к гниению и деформации.

Современные технологии производства также играют ключевую роль в повышении прочностных характеристик фанеры и снижении затрат на её производство. Одной из таких технологий является использование лазерной обработки древесины перед склеиванием. Исследования [15] показали, что предварительная лазерная обработка древесины может увеличить прочность фанеры на скалывание на 15...20 % по сравнению с традиционными методами обработки.

Этот эффект достигается за счёт удаления микроскопических неровностей и загрязнений с поверхности шпона, что обеспечивает лучшее сцепление клея с древесиной. Кроме того, лазерная обработка позволяет значительно сократить время подготовки материала, что положительно сказывается на общей эффективности производственного процесса.

Другим перспективным направлением является использование роботизированных систем для автоматизации процесса сборки и прессования фанеры. Современные роботизированные комплексы могут выполнять высокоточные операции по укладке шпона и нанесению клея, что минимизирует количество дефектов в процессе производства и повышает качество конечного продукта. Кроме того, автоматизация позволяет значительно сократить время производства и снизить затраты на рабочую силу, что делает производство фанеры более экономически эффективным.

Будущее фанеры как материала будет связано с его адаптацией к новым условиям и требованиям рынка. Важным аспектом в этом вопросе является развитие «зелёных» технологий производства, направленных на снижение экологического следа фанеры и улучшение её безопасности для здоровья человека. Использование устойчиво управляемых лесных ресурсов, разработка новых экологически чистых клеевых составов и внедрение энергоэффективных технологий производства станут ключевыми факторами в будущем развитии рынка фанеры. Например, некоторые работы [11, 13] показывают, что внедрение методов карбонизации древесины позволяет значительно уменьшить выбросы углекислого газа при производстве фанеры, что соответствует современным требованиям к устойчивому развитию.

Литература:

1. Воскобойников И.В., Константинова С.А., Коротков А.Н., Гальбрайх Л.С., Иванов В.Ф., Никольский С.Н., Михайлов А.И., Ремезов А.И. Использование нанокристаллической целлюлозы для модифицирования древесно-слоистых пластиков. Химия растительного сырья. 2011. №3. С.43–46. EDN: OHSUJL.
2. Ерофеев Д.А., Машиляковский Л.Н. Получение и применение гидрофобных полиуретановых кремнийсодержащих покрытий. Часть 2. (Обзор) // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технологического университета). № 64(90). 2023. С. 40–51. DOI: 10.36807/1998-9849-2023-64-90-40-51.
3. Зиатдинов Р.Р. Технология производства влагостойкой фанеры из термомодифицированного шпона: Дис. канд. техн. наук. Казань, 2013. 170 с.
4. Попов В.М., Новиков А.П. К созданию клеевых соединений повышенной прочности // Современные инновации в науке и технике. 2014. Том 3. С. 332–334. EDN: SZLRJJ.
5. Разиньков Е.М., Шамаев В.А., Ищенко Т.Л., Зиелелис А.Э. Исследование склеивания фанеры с применением нанокристаллической целлюлозы // Лесотехнический журнал. 2014. Т. 4. № 1(13). С. 151–155. DOI: 10.12737/3360
6. Федотов А.А., Вахнина Т.Н., Котиков С.А. Повышение прочностных показателей фанеры ФСФ путем использования модифицирующих добавок к свя-

зующему // Лесотехнический журнал. 2020. № 1. С. 124–135. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.1/13.

7. Чубинский А.Н., Сергеевичев В.В. Моделирование процессов склеивания древесных материалов. – СПб.: Изд. дом Герда, 2007. – 176 с.

8. Шамаев В.А. Получение модифицированной древесины химико-механическим способом и исследование ее свойств // Лесотехнический журнал. 2015. № 4. С. 177–187. DOI: 10.12737/17421.

9. Шамаев В.А., Паринов Д.А. Композиционная фанера с добавками наноцеллюлозы // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2016. Т. 20. № 3. С. 95–100. EDN: WKNMRF.

10. Ahmed M., Zubair A.A., Salam Abdus S., Akanda Study of Mechanical Properties of Plywood and Its Application in Furniture // Proceedings of 14th International Conference on Mechanical Engineering 18–19 December 2023. Dhaka: BUET Publ., 2023. P. 1–6. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/381565162>, требуется авторизация (дата обращения: 03.03.25 г.).

11. Balanay R., Varela R. P., Halog A. Circular economy for the sustainability of the wood-based industry: The case of Caraga Region, Philippines // Circular Economy and Sustainability. V.2.P. 447–462. DOI: 10.1016/B978-0-12-821664-4.00016-9.

12. Ghahri S., Hajihassani R. Possibility of replacing urea formaldehyde resin by soy adhesive in production of plywood // J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 28 (3), 2021. DOI: 10.22069/JWFST.2021.19285.1933.

13. Howard C., Dymond C.C., Griess V.C., Tolkien-Spurr D., Cornelis van Kooten G. Wood product carbon substitution benefits: a critical review of assumptions // Carbon Balance and Management. V. 16(1). DOI:10.1186/s13021-021-00171-w.

14. Pokhrel S., Shrestha M., Slouf M., Sirc J., Adhikari R. Eco-Friendly Urea-Formaldehyde Composites Based on Corn Husk Cellulose Fiber // International Journal of Composite Materials. V. 10(2). P. 29–36. DOI: 10.5923/j.comaterials.20201002.01.

15. Yang C., Tian X., Xue B., Liu Q., Zhang J., Liu J., Yu W. Research on the wood processing method of helium-assisted laser process // J Wood Sci 68. V. 50. 2022. DOI: 10.1186/s10086-022-02051-4.

УДК 674

Синтез и свойства бесцветных фенолоформальдегидных смол и их применение в производстве декоративных бумажно-слоистых пластиков

**В.Е. Цветков¹, О.П. Щелакова¹, Н.Н. Цветкова¹, С.Е. Стрелкина¹,
А.Д. Музлова¹**

Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана

Представлены синтез и основные свойства пропиточных бесцветных фенолоформальдегидных смол, предназначенных для получения облицовочного материала для отделки древесных плитных материалов, а также для

получения декоративного бумажнослоистого пластика. Показано, что проведение химического модифицирования фенолоформальдегидных смол катализатором-модификатором К-2 на стадии синтеза обеспечивает возможность достижения их бесцветности. Исследованы физико-механические свойства материалов, полученных с применением модифицированного связующего.

Ключевые слова: модифицирование, синтез, свойство, фенолоформальдегидная смола, отделка, пропитка, плитный материал, прочность, ламинирование, бумажнослоистый пластик.

Научная новизна работы заключается в том, что, благодаря применению специальной модифицирующей добавки на стадии синтеза, удалось получить прозрачную бесцветную фенольную смолу, пригодную для пропитки декоративных бумаг и крафт-бумаги, для отделки плитных материалов и для получения декоративных бумажнослоистых пластиков (ДБСП).

Известно, что фенольные смолы имеют повышенное содержание щёлочи, что, конечно же, обеспечивает им большую стабильность при хранении, но, одновременно, приводит к удорожанию, а также затрудняет переработку, поскольку увеличивается время отверждения [1–4].

Применяемый в данной работе катализатор-модификатор К-2 позволил полностью исключить применение щёлочи при синтезе фенольной смолы, а также полностью устранить тёмно-бурую окраску, сохраняя при этом прозрачность этой смолы.

Катализатор-модификатор К-2 представляет собой натриевые соли полифункциональных кислот, в частности лимонной кислоты. Для модифицирования была выбрана фенолоформальдегидная смола марки СФЖ-3014.

Катализатор-модификатор К-2, подобно раствору щелочного катализатора, применяемого при синтезе СФЖ-3014, вводится в два приёма, сначала для нейтрализации смеси фенола и воды, а затем для нейтрализации формалина [5].

Модифицированная смола была названа СФЖ-3014-К2, поскольку её синтез во многом схож с технологией получения СФЖ-3014, за исключением некоторых отличий [5].

По стандартным методикам у полученной модифицированной смолы были определены основные свойства. В табл. 1 представлены свойства смол СФЖ-3014-К2 и СФЖ-3014.

Из табл. 1 видно, что полученная модифицированная смола, обладает всеми необходимыми свойствами, предъявляемыми к качеству пропиточных смол, включая прозрачность и почти мгновенную пенетрацию, благодаря низкой вязкости. Кроме того, модифицированная смола утратила основные недостатки смолы СФЖ-3014 – тёмную окраску, повышенную токсичность и содержание щёлочи.

Далее на основе полученной смолы был подготовлен пропиточный состав для изготовления бумажно-смоляных плёнок для отделки плитных материалов методом горячего ламинирования и для получения декоративного бумажнослоистого пластика.

Таблица 1 – Основные физико-химические свойства фенолоформальдегидных смол

№ п/п	Наименование показателя	Марки полученных смол	
		СФЖ-3014-К2	СФЖ-3014
1.	Внешний вид	Однородная низко-вязкая прозрачная бесцветная жидкость	Однородная вязкая жидкость от красновато-коричневого до тёмно-вишневого цвета
2.	Концентрация ионов водорода (pH)	7,0	9,0...10,0
3.	Вязкость условная, с.	11...12	17...130
4.	Срок хранения, сут.	более 90	30...45
5.	Содержание свободного формальдегида, %	0,04	0,10
6.	Содержание свободного фенола, %	–	0,10
7.	Скорость отверждения при 150 °С, с.	60...70	80...90
8.	Массовая доля сухого остатка, %	60	46...52
9.	Массовая доля щелочи, %	–	6,0...7,5
10.	Время пенетрации, с.	1,0	–
11.	Коэффициент рефракции	1,44	–

Пропиточный состав включает в себя модифицированную смолу, в качестве основы, и добавки специального назначения: ЛД и ФА, первая предназначена для улучшения смачивания, вторая – для ускорения отверждения и связывания свободного формальдегида в отверждённом состоянии.

На основе полученного пропиточного состава были изготовлены бумажно-смоляные плёнки, которые применялись при отделке древесных плит и для прессования бумажнослоистого пластика.

Режимы горячего ламинирования древесных плит (MDF) были следующие: температура плит пресса – 195 °С; длительность прессования – 45 с.

Покрытие получилось идеально ровным, гладким и глянцевым, не утратило своих качеств при дальнейшем воздействии на него горячего пара в течение 60 мин. Также образцы ламинированных MDF были направлены на АО «МК «Шатура» для определения качества их отделки, результаты проведённых испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Оценка качества отделки MDF

Наименование показателя	Значение показателя
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	19,2
Кислотный тест (по пятибалльной шкале)	5
Удельное сопротивление при нормальном отрыве покрытия от пласти облицованных плит, МПа	0,6
Стойкость покрытия к царапанию, мкм	75
Гидротермическая стойкость	2
Выделение свободного формальдегида из облицованных MDF, мг/м ³	0,009

Из табл. 2 видно, что качество поверхности ламинированной плиты отвечает всем необходимым требованиям, предъявляемым к качеству отделки плит

методом ламинирования. Прочность плиты на изгиб осталась высокой, а эмиссия формальдегида минимальной.

Примечательно, что в результате горячего ламинирования не наблюдалось проявления тёмной окраски отделяемой поверхности, в то время, как при отверждении обычных фенолоформальдегидных смол усиление тёмно-бурой окраски всегда закономерно проявляется.

Синтезированная смола была также использована для получения ДБСП. В качестве основы применили крафт-бумагу плотностью 150 г/м². Бумажно-смоляная плёнка содержала 36 % смолы и 5,5 % летучих. В качестве отвердителя был использован продукт конденсации аммиака и фосфорной кислоты.

Режимы прессования: температура 195 °С, время прессования 2 мин/мм толщины пластика.

Физико-механические свойства полученного ДБСП выглядят следующим образом:

- гидротермическая стойкость лицевой поверхности – без изменений внешнего вида;
- термическая стойкость лицевой поверхности при 180 °С – без изменений внешнего вида;
- стойкость к загрязнению веществами бытового и хозяйственного назначения – без изменений внешнего вида;
- стойкость к кипячению в воде: увеличение массы – 4 %, увеличение толщины – 2,7 % и без изменения внешнего вида;
- водопоглощение: увеличение массы – 0,7 %, увеличение толщины – 0,6 % и без изменения внешнего вида;
- стабильность линейных размеров – 0 %;
- твёрдость декоративного покрытия – 3,5 Н;
- стойкость к истиранию: при количестве оборотов 370 скорость износа – 89 мг/100 оборотов;
- ударная прочность поверхности – трещин и расслоения лицевой поверхности не наблюдается при диаметре отпечатка – 7 мм;
- предел прочности при статическом изгибе – 139 МПа.

В заключении важно отметить, что полученная модифицированная фенолоформальдегидная смола показала свою абсолютную пригодность в качестве пропиточной для получения облицовочного материала, предназначенного для горячего ламинирования древесных плитных материалов, а также для получения декоративного бумажнослоистого пластика, обладающего высокими физико-механическими свойствами.

Литература:

1. Мачнева О.П., Екимова М.Ю., Вилков Р.И., Дюжаков Д.С. Пропиточные смолы для производства ламинированных древесностружечных плит // Научно-техническая конференция МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана: Тезисы докладов. Мытищи, 1–30 июня 2017 г. Мытищи: ООО «Научно-инновационный центр», 2017. С. 144–146. EDN: ZCKFDT.

2. Патент № 2527524 С1 Российская Федерация, МПК В27N 3/02. Способ изготовления нетоксичных древесно-стружечных плит: № 2013119166/13: заявл. 25.04.2013: опубл. 10.09.2014 / В.Е. Цветков, М.Ю. Зуева, О.П. Мачнева [и др.].

3. Патент № 2534544 С1 Российская Федерация, МПК С08G 8/10, С08L 61/10, В27D 1/04. способ изготовления фенолоформальдегидного олигомера: № 2013119175/05: заявл. 25.04.2013: опубл. 27.11.2014 / В.Е. Цветков, Н.Н. Цветкова, М.В. Разуваева [и др.].

4. Патент № 2547749 С2 Российская Федерация, МПК С08L 61/28. Способ изготовления клея для производства водостойкой фанеры: № 2013119164/05: заявл. 25.04.2013: опубл. 10.04.2015 / В.Е. Цветков, Н.Н. Цветкова, С.В. Приорова [и др.].

5. Технология и применение полимеров в деревообработке: Учебно-методическое пособие / В.Е. Цветков, Ю.В. Пасько, О.П. Мачнева, М.Ю. Екимова. М: Московский государственный университет леса, 2015. 36 с.

УДК 676.26; 691.14

Бумажные смоляные плёнки: сырьё и качество

О.П. Ковалева

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова*

Свойства бумаги, образующей бумажные-смоляные плёнки для получения бумажнослоистых пластиков, в значительной степени определяют качество готовой продукции.

Ключевые слова: крафт-бумага, пропитка бумаги, бумажные смоляные плёнки, бумажнослоистые пластики.

Бумажнослоистые пластики представляют собой композитный материал, получаемый путём пропитки листов бумаги связующими веществами с последующим прессованием в условиях высокой температуры и давления. Поскольку данный материал сочетает в себе преимущества бумаги, такие как лёгкость и гибкость, с прочностью пластиков, он широко применяется в различных отраслях промышленности и быту.

В России производство бумажнослоистых пластиков довольно развито, но не достигает масштабов зарубежных стран. Крафт-бумагу в РФ производят на предприятиях: «Кондопога», «Сокольский ЦБК», ПАО «Коммунар», ОАО «Светогорск», «Марийский ЦБК». Крупные предприятия выпускают бумажнослоистые пластики для различных отраслей промышленности, а небольшие компании специализируются на производстве определённых видов материалов. Производители пластиков постоянно совершенствуют технологию и расширяют ассортимент выпускаемой продукции.

Содержание бумаги в пластике составляет 60...64 %, она выполняет армирующую роль, обеспечивает сопротивление разрыву при растяжении и повышает гибкость материала. От качества бумаги зависит не только качество получаемого пластика, но и производительность пропиточного оборудования [1]. Сырьём для получения бумаги являются:

- целлюлоза, обычно сульфатная, обладает высокой прочностью;
- макулатурная масса, свойства бумаги из макулатуры могут быть менее предсказуемыми по сравнению с целлюлозной бумагой, что требует тщательного контроля процесса производства;
- специальные виды бумаги, например, водонепроницаемые или термостойкие, для получения пластиков с улучшенными характеристиками.

Поскольку бумага из сульфатной целлюлозы обладает отличными механическими свойствами и высокой устойчивостью к влаге, то её использование в производстве пластиков гарантирует их высокое качество. Бумага из макулатуры имеет пониженные механические свойства, но при использовании современной технологии переработки макулатуры можно получить достаточно прочную бумагу. При этом необходимо тщательно контролировать качество используемой макулатуры; требуется многоступенчатая технология переработки вторичных волокон, включающая деинкинг (удаление частиц печатной краски и других загрязнений), обесцвечивание и очистку волокон. Следует учитывать, что использование макулатуры позволяет значительно снизить себестоимость производства бумаги.

Требования к свойствам бумаги для бумажнослоистых пластиков:

- прочность: бумага должна обладать высокой прочностью на разрыв, раздирание и сжатие, чтобы выдерживать нагрузки при прессовании и эксплуатации готового изделия;
- толщина бумаги; повышенная толщина бумаги обеспечивает прочность, но может увеличить стоимость и массу конечного продукта.
- пористость бумаги влияет на способность пропитки смолами, а также на диэлектрические свойства изделия;
- влагостойкость бумаги предотвратит разбухание и деформацию готового изделия в условиях повышенной влажности;
- гладкость бумаги влияет на качество поверхности изделия и способность к адгезии с другими материалами.

Производство бумажных слоистых пластиков заключается в пропитке бумаги водными растворами синтетических смол (меламино-, меламинокарбамидо- и фенолоформальдегидных) с получением бумажно-смоляных плёнок, которые затем подвергаются прессованию (рис. 1). В результате пропитки происходит заполнение пор между волокнами и пор самих волокон по всей толщине обрабатываемой бумаги. Аминосмолы обеспечивают образование прозрачного декоративного покрытия пластиков, а фенолоформальдегидные смолы, которыми пропитывают внутренние бумажные слои, прочность.

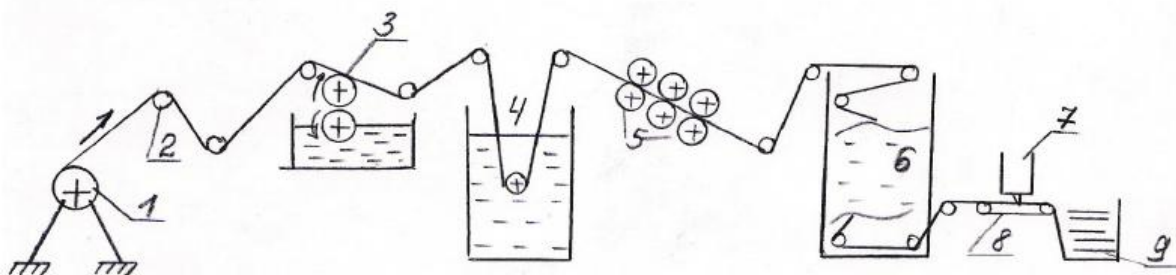


Рис. 1. Технологическая схема производства бумажно-смоляных плёнок: 1 – раскат; 2 – бумагоправильные валики; 3 – узел предварительной пропитки; 4 – пропиточная ванна; 5 – валики для отжима избытка пропиточного раствора; 6 – узел конвективной сушки; 7 – саморезка; 8 – конвейер; 9 – укладка стоп

Согласно принятой технологии бумага смачивается пропиточным раствором, который проникает в её поры, вытесняя из них воздух, что ускоряет процесс пропитки в пропиточной ванне погружного типа (рис. 1). Пропиточные смолы должны быть достаточно концентрированными (60 %) и достаточно вязкими, чтобы легко и быстро проникать в структуру бумаги. Олигомеры должны иметь низкую молекулярную массу. Процесс отверждения смолы в пропитанной бумаге начинается при конвективной сушке.

На рис. 2 показан принцип пропиточного устройства: бумажное полотно с помощью натяжных валиков вертикально погружается в пропиточную ванну и, огибая погружной валик, также вертикально выходит из ванны. При этом содержание связующего в пропиточной бумаге регулируется скребками-ножами.

Скорость пропитки определяется следующими факторами: капиллярно-пористая структура бумаги, влажность бумаги, угол смачивания бумаги жидкостью. Требуемое содержание связующего в пропитанном материале может достигаться несколькими путями:

- регулируемый отжим материала, насыщенного пропиточным раствором;
- изменение продолжительности пребывания материала в пропиточной зоне,

как за счёт изменения скорости движения бумаги, так и за счёт изменения расстояния, на котором происходит контакт бумаги с пропиточным раствором;

- нанесение на бумагу требуемого количества жидкости дозирующими устройствами, применяемыми при нанесении на бумагу покрытий.

Важной задачей при пропитке является вытеснение из пор бумаги воздуха, который может осуществляться следующими способами:

- бумажное полотно вводится в пропиточную ванну при минимальном угле наклона к поверхности раствора; при этом жидкость смачивает вначале нижнюю сторону бумаги и, впитываясь, вытесняет воздух через верхнюю сторону материала;

- применение устройств для одностороннего смачивания бумаги, используемых при нанесении

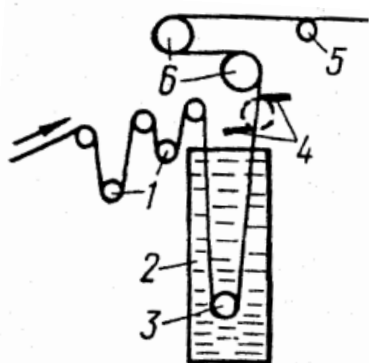


Рис. 2. Схема узла пропитки: 1 – валики регулировки натяжения; 2 – пропиточная ванна; 3 – погружной валик; 4 – скребки; 5, 6 – бумаговедущие валики

на бумагу покрытий (рис. 3, 4);

– применение отжимных валиков погружного типа, то есть находящихся в пропиточном растворе; при сжатии материала в отжимном устройстве из него выдавливается воздух, находящийся в порах материала. При выходе из отжимного устройства происходит упругое восстановление капиллярно-пористой структуры материала, и капилляры заполняются пропиточным раствором.

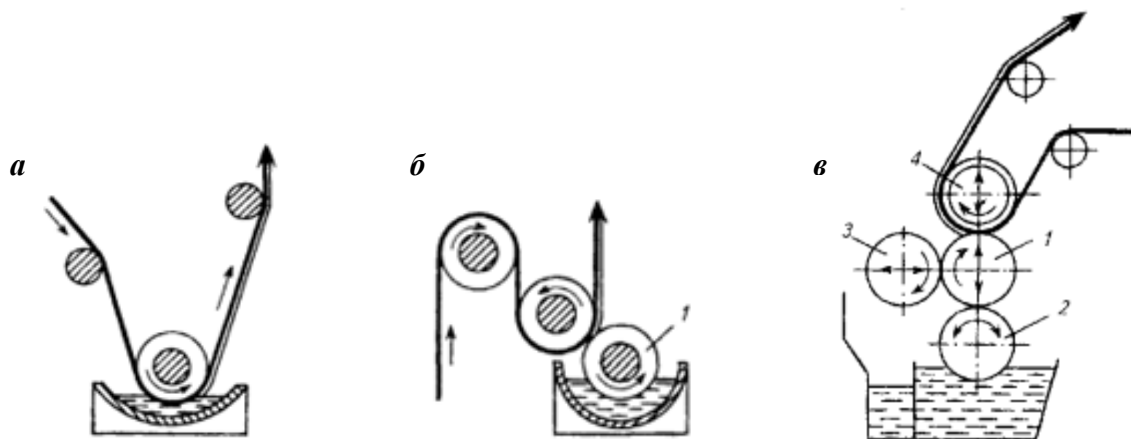


Рис. 3. Схемы устройств для нанесения покрытий купающим (а), наносящим (б), наносящим и дозирующим (в) валиками: 1 – наносящий валик; 2 – купающийся валик; 3 – дозирующий валик; 4 – прижимной валик

В современном узле пропитки (рис. 4) бумажное полотно посредством направляющих и натяжных валиков поступает на ступень предварительного смачивания, смачивающий валик частично погружен в ванну с пропиточным раствором. Пропиточная смола наносится только на одну сторону бумаги. Далее бумажное полотно переходит на вертикальный участок, на котором происходит впитывание смолы в структуру бумаги и вытеснение из неё воздуха. В конце восходящей части участка удаления воздуха находится подвижный валик со скребком и желобом для стекания излишков смолы. Он служит для предотвращения образования складок на вытягиваемом мокром бумажном полотне. Высоту валика назначают в зависимости от степени удлинения мокрой бумаги. Невпитавшаяся смола удаляется скребком, и она по желобу и шлангу стекает в пропиточную ванну. Рядом с валиком установлен дыхательный валик с сетчатой поверхностью, который усиливает проникновение пропиточного раствора в бумагу и вытеснение воздуха.

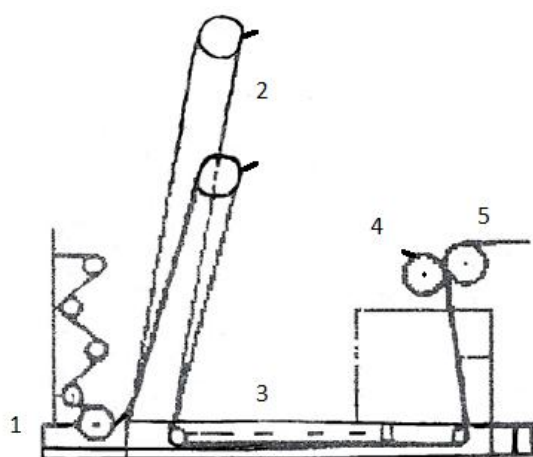


Рис. 4. Узел пропитки бумаги: 1 – валик предварительного смачивания; 2 – подвижный валик со скребком; 3 – ванна; 4 – дозирующий валик; 5 – выравнивающий валик

На ступени пропитки бумага, обогнув погружной валик, проходит по горизонтальной ванне, находясь полностью по-

груженной в смолу. Затем она поднимается вверх под дозирующий валик и разравнивающие валики. Дозирующий валик отжимает с бумаги остатки смолы, а его поверхность очищается скребками.

Крафт-бумагу изготавливают из натуральных волокон, легко поглощающих и теряющих влагу в зависимости от температуры окружающей среды и влажности воздуха. При отсутствии регулирования этих параметров количество поглощённой жидкости может варьироваться в широких пределах, что существенно влияет на механические свойства бумаги. Крафт-бумагу перед проведением испытаний необходимо выдержать 24 ч в стандартных условиях. Поскольку бумага имеет некоторое различие свойств поперёк и вдоль полотна (в поперечном и машинном направлениях), то необходимо производить испытания бумаги на прочность в обоих направлениях. Кроме того, крафт-бумага, предназначенная для производства бумажных слоистых пластиков должна обладать достаточной впитываемостью, она не должна быть проклеена.

Литература:

1. Бобров В.И. Технология отделочных процессов: учебник для вузов; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2020. – 625 с. EDN: SILWUE.
2. Вураско А.В. Агеев М.А., Агеев А.Я. Технология получения, обработки и переработки бумаги и картона: учеб. пособие; 2-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2011. – 272 с. EDN: OWHHLU.

УДК 674-419

Повышение абразивной стойкости поверхности декоративных бумажно-слоистых пластиков

А.А. Калашиников

АО «Слотекс»

Сообщается о повышении абразивной стойкости поверхности декоративных бумажнослоистых пластиков. Раскрывается опыт решения задачи обеспечения требуемого качества поверхности пластика в конкретных производственных условиях. Предлагается модификатор меламиноформальдегидного связующего, повышающий абразивную стойкость пластика без ухудшений эксплуатационных характеристик бумажно-смоляных плёнок декоративного слоя.

Ключевые слова: абразивная стойкость, поверхностно-активные вещества, пропитка бумаги, декоративный бумажнослоистый пластик

Одной из наиболее актуальных задач при производстве декоративно-бумажнослоистого пластика (ДБСП) является обеспечение абразивная стойкость декоративной поверхности. Существенной трудностью при производстве пластика является ограниченная возможность повлиять на абразивную стой-

кость, поскольку при горячем прессовании происходит миграция смолы внутрь композита. Чтобы повлиять на абразивную стойкость готового пластика необходимо внести определённые изменения в пропитку бумаги на этапе изготовления бумажно-смоляных плёнок. Известно, что абразивную стойкость можно увеличить путём повышения содержания смолы в плёнке, однако помимо увеличения себестоимости такие шаги могут привести к заломам по продольной обрезке готового пластика и растрескиваниям декоративной поверхности при дальнейшем использовании [3].

На сегодняшний день существует множество различных модификаторов связующего для увеличения абразивной стойкости, но их КПД достаточно низок, а стоимость некоторых настолько высока, что выгоднее использовать оверлей. Следует отметить, что абразивная стойкость – это фактически стойкость отверждённой меламиноформальдегидной смолы (МФС), которая, в свою очередь, напрямую коррелирует с количеством метиленовых связей между олигомерами [1]. Однако создание смолы, которая способна объединить в себе такие противоположенные свойства как эластичность полимера, его жёсткость и при этом возможность активного проникновения в бумагу при пропитке, требует отдельной научной работы, поэтому проще контролировать абразивную стойкость путём использования модификаторов связующего. Принимая во внимание, что абразивная стойкость – это стойкость внешнего слоя смолы, было разработано поверхностно активное вещество (ПАВ), которое не проникает внутрь бумаги и значительно увеличивает абразивную стойкость.

Модификатор абразивной стойкости (МАС) уникален тем, что нет необходимости использовать его только на второй стадии пропитки. Принцип работы модификатора достаточно прост, поскольку он является ПАВ для МФС. Модификатор находится на поверхности в ванне с пропиточным раствором, благодаря чему при прохождении бумаги через пропиточную ванну модификатор остаётся на поверхности даже после прохождения дозирующих валов.

МАС представляет собой двухкомпонентный состав: *основной наполнитель* и *поддерживающий раствор*. В зависимости от содержания того или иного компонента свойства модификатора меняются. Для проведения испытаний использовали пропиточный раствор на основе МФС, обладающей следующими свойствами:

массовая доля сухого остатка, %	63
условная вязкость по ВЗ-246 при 20 °С, с	20
концентрация ионов водорода (рН)	9,0
продолжительность желатинизации при 100 °С, с	180

Для определения абразивной стойкости пользовались установкой «*Taber*», которая протирает мелкозернистой наждачной бумагой верхний слой смолы до первых повреждений декоративного слоя, после чего фиксируется число оборотов, которое выдержал пластик. Декоративная поверхность пластика без оверлея должна выдерживать не менее 17-ти оборотов [2].

Испытание модификатора проводили в лабораторных условиях при помощи специальной лабораторной установки пропитки и сушки бумаг, модели-

рующей промышленный выпуск плёнки. Для испытаний использовали декоративные бумаги с тремя разными рисунками: каменным, древесным, монохромным (соответственно каменный древесный и монохромный декоры). Плотность бумаги составляла 70 г/м². Образцы погружали в пропиточную ванну и отжимали до конечного привеса 170 г/м² (содержание смолы 37 %), далее бумагу высушивали при температуре 120 °С в течение 5 мин. По окончании пропитки собирали пакет для запрессовки. Состав пакета был следующий (в числителе указана плотность бумаги, в знаменателе плотность бумажно-смоляной плёнки на основе этой бумаги):

- декоративный слой 70/170;
- фенольная пленка 120/240;
- фенольная пленка 80/145;
- абсорбент.

Для изучения свойств модификатора изготавливали 2 варианта рецептуры связующего:

- 50/50 – массовое соотношение основной наполнитель/поддерживающий раствор (*вариант 1*);
- 40/60 – массовое соотношение основной наполнитель/поддерживающий раствор (*вариант 2*).

Результаты испытаний модификатора *варианта 1* приведены в табл. 1, результаты испытаний модификатора *варианта 2* в табл. 2.

Таблица 1 – Влияние модификатора варианта 1 на показатели связующего и абразивную стойкость пластика

Массовая доля модификатора, %	Условная вязкость, с	Содержание летучих веществ, %	Абразивная стойкость, обр.
Декор каменный			
0	20	6,5	8
0,2	20	6,5	11
0,4	22	6,4	14
0,5	22	6,4	16
0,6	23	6,3	18
Декор деревянный			
0	20	6,4	12
0,2	20	6,4	17
0,4	22	6,5	22
0,5	22	6,4	24
0,6	23	6,3	26
Декор монохромный			
0	20	6,4	10
0,2	20	6,5	14
0,4	22	6,6	17
0,5	22	6,3	20
0,6	23	6,3	22

Согласно полученным данным, при массовой доле модификатора 0,6 % увеличивается стойкость к истиранию более чем на 100 %, однако при этом

происходит небольшое выпадение осадка в пропиточном растворе и изменение оттенка декоративного слоя относительно образца без модификатора. Рациональным содержанием модификатора является 0,5 %, но стоит отметить, что и он относительно образца без модификатора даёт небольшое отклонение по оттенку, которое, тем не менее, не выходит за рамки ТУ [2].

С целью обеспечения бóльшего эффекта от модифицирования без образования осадка и несоответствия оттенка, модификатор был приготовлен в пропорции основной наполнитель/поддерживающий раствор 40/60 (*вариант 2*).

Таблица 2 – Влияние модификатора варианта 2 на показатели связующего и абразивную стойкость пластика

Массовая доля модификатора, %	Условная вязкость, с	Содержание летучих веществ, %	Абразивная стойкость, обр.
Декор каменный			
0	20	6,4	8
0,2	20	6,5	10
0,4	20	6,5	12
0,6	20	5,8	13
0,7	21	5,4	15
Декор деревянный			
0	20	6,5	12
0,2	20	6,3	15
0,4	20	6,4	17
0,6	20	5,6	17
0,7	20	5,2	18
Декор монохромный			
0	20	6,4	10
0,2	20	6,5	13
0,4	20	6,5	17
0,6	20	5,7	18
0,7	20	5,3	19

Согласно данным табл. 1 и табл. 2, с увеличением содержания поддерживающего раствора, эффективность добавки снизилась и результат стал более нестабильным, возможно благодаря тому, что основной наполнитель лучше распределился по площади плёнки. При увеличении массовой доли модификатора более чем на 0,6 %, содержание летучих веществ значительно снижается, при этом изменение режимов сушки не приносит должного результата, поскольку малейшие изменения режимов чрезвычайно сильно сказываются на содержании летучих веществ, что сильно усложняет технологию и в последствии может привести к снижению производительности. Таким образом, дальнейшие промышленные испытания необходимо проводить в первую очередь с модификатором *варианта 1*.

Отдельно следует раскрыть метод подачи модификатора в пропиточную ванну. При использовании одностадийной пропитки для производства бумажно-смоляных плёнок, модификатор желательно подавать сверху, отдельно от раствора, постоянно поддерживая постоянную долю модификатора в растворе.

Если же используется двухстадийная пропитка, то модификатор просто добавляется на второй стадии совместно с раствором, однако для проверки этого предположения необходимы промышленные испытания.

Таким образом, модификатор (*вариант 1*) в количестве 0,5 % от массы пропиточного раствора может значительно увеличить абразивную стойкость бумажно-смоляных плёнок декоративного слоя, что в последствии позволит выпускать ДБСП с высокими показателями абразивной стойкости без использования дополнительных защитных слоёв.

Литература:

1. *Леонович А.А.* Физико-химические основы образования древесных плит: монография. – СПб.: Химиздат, 2003. – 192 с.
2. Материалы декоративные плиты: ТУ 16.21.13-001-12166007-2017., 2017. – С. 32–33.
3. *Романов Н.М.* Химия карбамидо- и меламиноформальдегидных смол. – М.: ООО «Адвенсед Солюшнз», 2016. – 528 с.

УДК 674.81

Новый химический модификатор для получения композиционного материала без применения связующих веществ

А.С. Еришова, А.В. Артёмов, В.Г. Бурындин

Уральский государственный лесотехнический университет

В данной работе с целью получения композиционного материала без применения связующих веществ (КМ-БС) в качестве нового химического модификатора был рассмотрен клатрат пероксида водорода с карбамидом – гидроперит. На основании литературных данных были спрогнозированы возможные механизмы взаимодействия отдельных химических компонентов модификатора в виде рассматриваемого клатрата, а также образуемых химических соединений в результате пьезотермической обработки растительного сырья. С целью подтверждения теоретических данных, экспериментально были получены образцы КМ-БС на основе биомассы борщевика Сосновского, подвергнутого химической модификации гидроперитом. Были изучены физико-механические свойства КМ-БС на основе модифицированного пресс-сырья.

Ключевые слова: пластик, модификатор, клатрат, гидроперит, борщевик, свойства.

Известна возможность получения из растительного сырья (древесные отходы и одресневевшие растительные остатки) композиционных материалов без применения синтетических и минеральных связующих веществ (далее КМ-БС). Недостатком такого сырья при получении КМ-БС путём пьезотермической обработки является его низкая текучесть. С целью устранения данного недостатка

применяются различные химические, физические, биологические и комбинированные методы модификации исходного пресс-сырья [1].

В настоящее время с целью совершенствования существующей технологии получения КМ-БС требуется реализация нового подхода. По нашему мнению, основное направление в данной области – это химическая трансформация растительного сырья как древесного, так и недревесного происхождения. Химическая трансформация пресс-сырья может достигаться путём применения химических веществ-модификаторов различной природы происхождения. Применение химических модификаторов позволяет проводить в условиях пьезотермообработки активацию лигнина пресс-сырья, путём раскрытия его функциональных групп с целью образования новых химических связей и соединений [8].

На сегодня актуален вопрос по переработке растительных отходов в виде биомассы борщевика Сосновского, которые образуются в качестве порубочных остатков при механической борьбе с данным инвазионным растением. Один из способов утилизации невостребованных растительных остатков является получение КМ-БС [2].

Для улучшения процессов получения данного материала и повышения его физико-механических свойств требуется химическая модификация исходного сырья. Для химической модификации древесного сырья с целью получения КМ-БС широкое распространение получили такие модификаторы как сульфат меди (медный купорос), карбамид (мочевина), пероксид водорода и уротропин (гексаметиленetetрамин) [7].

Каждый из представленных выше модификаторов имеет свой индивидуальный механизм взаимодействия с компонентами конкретного растительного сырья (хвойной и лиственной древесины, травянистыми растениями).

Согласно литературным и экспериментальным данным [4–6] установлено, что, например, уротропин в условиях пьезотермообработки влажного растительного сырья разлагается с образованием формальдегида, который при взаимодействии с компонентами растительного лигнина образует сшитый трёхмерный полимер. Карбамид, в свою очередь, при таких условиях образует аммиак, который приводит размягчению лигнина за счёт разрушения связей между макромолекулами компонентов древесины. Воздействие пероксида водорода на растительное сырьё, соответствует процессам делигнификации при органосольвентной варке целлюлозы из растительного сырья. От количества пероксида будет зависеть степень деструкции лигнина, которая сопровождается открытием структуры и реакционной способности его функциональных групп. Медный купорос в результате гидролиза создает кислую среду, которая позволяет компонентам сырья образовывать фурфурол, который в свою очередь легко подвергается полимеризации с образованием смол.

Таким образом, выбор модификатора зависит не только от вида используемого растительного сырья, но и как от условий его пьезотермической обработки, так и от требуемых физико-механических свойств получаемого материала. При применении дополнительных химических компонентов не должно происходить сильное увеличение материальных затрат, а получаемый материал

должен иметь физико-механические и эксплуатационные свойства соответствующих требований.

Возможна совместная комбинация различных модификаторов с целью рационализации процесса получения композиционного материала [7]. Такой подход хоть и позволяет достигнуть необходимых физико-механических показателей КМ-БС, но приводит к усложнению и удорожанию процесса получения материала за счёт дополнительных стадий (подсушка, взвешивание и проч.) и оборудования (расходомеры, насосы и др.).

Альтернативой предлагается использование клатратов – химических соединений, которые образуются путём включения молекул вещества, в полости кристаллической решётки, составленной из молекул другого типа. Одно из таких соединений, которое требует всестороннего изучения в качестве модификатора сырья для КМ-БС – гидроперит [3].

Гидроперит (мочевины пероксид) – это клатрат пероксида водорода с карбамидом (мочевиной) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$. При растворении в воде получается раствор пероксида водорода и карбамида. Содержание перекиси водорода в соединении составляет 36,16 %.

Т.к. гидроперит содержит и карбамид, и пероксид водорода, имеющие разные механизмы взаимодействия с компонентами растительного пресс-сырья, то были выполнены индивидуальные расчёты требуемого количества модификатора применительно к исследуемому растительному сырью. При выполнении расчёта учитывалось компонентное содержание лигнина, а также преобладающий его тип в пресс-сырье. Согласно работе [9] в биомассе борщевика Сосновского:

- содержание лигнина – 21 %;
- брутто формула лигнина – $\text{C}_9\text{H}_{12,1}\text{O}_{2,8}(\text{OCH}_3)_{1,5}$;
- количественное соотношение структурных единиц следующее: G-единиц – 40 %, S-единиц – 49 % и H-единиц – 11 %.

Виду того, что механизм действия карбамида и пероксида водорода на растительное сырьё различен, то расчёты были выполнены по 2-м вариантам. В рассматриваемых вариантах учитывались ранее полученные результаты по оптимальному расходу каждого модификатора [7]:

- вариант № 1 «Расчёт по пероксиду водорода». В расчёте принималось количество пероксида водорода по количеству лигнина в пресс-сырье: 5 %;
- вариант № 2 «Расчёт по карбамиду». В расчёте принимался количество карбамида на реакцию 1 моль лигнина пресс-сырья: 0,006 моль.

На основании выполненных расчётов, из модифицированной биомассы борщевика Сосновского, были получены образцы в виде дисков. Исходная характеристика пресс-сырья и условия получения образцов КМ-БС соответствовали работе [7].

Полученные образцы КМ-БС после кондиционирования были подвергнуты испытаниям на физико-механические свойства. Испытания были выполнены на поверенном оборудовании по аттестованным и адаптированным методикам для образцов КМ-БС в виде дисков [7]. Результаты испытаний отображены в таблице.

Таблица – Физико-механические свойства КМ-БС на основе химически модифицированной биомассы борщевика

Показатель	Пресс-сырье		
	Контроль	Гидроперит (вариант № 1)	Гидроперит (вариант № 2)
Плотность материала, кг/м ³	966	985	990
Модуль упругости при изгибе (по прогибу образца-диска под нагрузкой), МПа	3310	3548	3692
Прочность при изгибе, МПа	5,8	7,6	8,5
Твёрдость по Шору (шкала D), у.е.	57	61	61
Водопоглощение по объёму за 24 ч, %	86	84	69
Разбухание по толщине за 24 ч, %	51,0	43,1	39,1

Как видно из таблицы, модификация пресс-сырья гидроперитом положительно сказывается на физико-механических свойствах образцов КМ-БС, по сравнению с образцами, полученными из контрольного пресс-сырья (немодифицированного). При сравнении рассматриваемых вариантов модификации, было установлено, что вариант № 2 обладает наилучшими показателями.

По нашему мнению, в данном случае, наблюдается как химическая активация лигнина карбамидом (за счёт поликонденсационных процессов), так и физико-химическое взаимодействие модификатора с лигнином в пьезотермических условиях (диспергирование, сольватация и пр.). Также требуется принимать во внимание и синергетическое воздействие на лигнин обоих компонентов клатрата. Предварительная деструкция пероксидом водорода лигнина с переводом его в активное состояние в рассматриваемых условиях приводит его в большую степень реакционной способности с карбамидом. При этом необходимо учитывать, что карбамид в рассматриваемом соединении находится в избытке. Непрореагировавший карбамид под воздействием тепла и влаги разлагается с выделением ионов аммония, которые при взаимодействии со свободным формальдегидом лигноцеллюлозосодержащего сырья образуют гексаметилентетрамин (уротропин). Уротропин используют при получении фенолоформальдегидных смол, а также он может в изучаемых условиях образовывать резиты.

Таким образом, можно говорить о многообразии протекающих химических процессов в условиях пьезотермической обработки модифицированной гидроперитом биомассы борщевика Сосновского при получении КМ-БС. При этом каждый компонент модификатора из-за различного механизма взаимодействия с лигнином формирует материал с индивидуальными свойствами. Результаты проведённых исследований создают базу для будущих, более углублённых экспериментов по модификации различного лигноцеллюлозосодержащего сырья гидроперитом. Первоначально требуется выполнение исследования и анализа химических процессов модификации с использованием метода дифференциальной сканирующей калориметрии.

Литература:

1. Артёмов А.В., Савиновских В.Г., Бурындин В.Г. Влияние термообработки на биостойкость древесного пластика без добавления связующего // Вестник

Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2022. № 4. С. 15–25. DOI: 10.25686/2542-114X.2022.4.15.

2. Ашихмина Т.Я., Товстик Е.В., Адамович Т.А. Оценка химического состава *Heracleum sosnowskyi* Manden как альтернативного источника сырья для различных отраслей промышленности (обзор) // Химия растительного сырья. 2024. № 4. С. 32–45. DOI: 10.14258/jcprm.20240414599.

3. Боев Е.В., Исламутдинова А.А., Аминова Э.К. Получение строительного силиката кальция // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2021. Т. 13, № 6. С. 350–357. DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-6-350-357.

4. Вураско А.В., Агеев М.А., Сиваков В.П. Получение и свойства технической целлюлозы из борщевика окислительно-органо-растворителем способом // Химия растительного сырья. 2022. № 1. С. 289–298. DOI: 10.14258/jcprm.20220110121.

5. Леонович А.А. Пластификация и способ прессования древесины // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. № 242. С. 258–267. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.242.258-267.

6. Савиновских А.В., Артёмов А.В., Шкуро А.Е., Бурындин В.Г., Ершова А.С., Васильева А.А. Использование сульфата меди для получения биостойких растительных пластиков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2020. № 3. С. 61–81. DOI: 10.15593/2224-9400/2020.3.05.

7. Савиновских А.В., Артёмов А.В., Бурындин В.Г. Влияние модификаторов на физико-механические свойства древесных пластиков без добавления связующих // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2016. Т. 20, № 3. С. 55–59. EDN: WKNMON.

8. Artemov A.V., Buryndin V.G., Krivonogov P.S., Savinovskikh A.V., Kolpakova M.V., Stoyanov O.V. An Investigation of Complexes of Lignin Found in Plant Raw Materials as a Natural Binder in Obtaining Plastic in Closed Molds // Polym. Sci. Ser. D. 2023. Vol. 16, No. 2. P. 278–284. DOI: 10.1134/s1995421223020028.

9. Karmanov A.P., Kocheva L.S., Belyy V.A. Topological structure and antioxidant properties of macromolecules of lignin of hogweed *Heracleum sosnowskyi* Manden // Polymer. 2020. Vol. 202. P. 122756. DOI: 10.1016/j.polymer.2020.122756.

Транспортные поддоны из прессованной древесной стружки

Г.А. Абразовский¹, Ю.В. Дойлин², И.М. Грошев², К.И. Тарутько², Е.В. Дубоделова³

¹ООО «РуфБелКом»,

²ОАО «Витебскдрев»,

³УО «БГТУ»

Рассматриваются вопросы импортозамещения, связанные с изготовлением поддонов из прессованной древесной стружки, в Республике Беларусь, в т. ч. с использованием сырья и материалов, применяемым оборудованием для изготовления поддонов, преимуществом данного вида изделий и рынка поддонов.

Ключевые слова: тара, поддоны, транспортные поддоны, импортозамещение, преимущество поддонов, сырьё и материалы, оборудование, древесная стружка, связующие, влагостойкость.

В соответствии с ГОСТ 17527 «Тара – основной элемент упаковки, представляющий собой изделие для размещения продукции». Тара характеризуется многообразием видов, типов, конструктивных исполнений, разнообразием, применяемым для её изготовления материалов и широтой сфер применения. Одним из признаков для классификации тары является материал, который наряду с конструктивным исполнением, определяет тип тары как классификационной единицы.

По функциональному назначению тара подразделяется на транспортную тару, производственную, потребительскую, складскую, экспортную и др.

Транспортная тара – тара, предназначенная для упаковывания, хранения и транспортирования продукции, образующая самостоятельную транспортную единицу. Разновидностью транспортной тары является производственная и складская.

Одним из видов тары является поддон или паллета – плоская транспортная структура для перемещения разнообразных товаров. Снимается передвижным грузоподъёмным устройством. Изготавливается из древесины, древесной стружки и других материалов [3, 4, 7,].

Технология укладки товаров на поддоны (палеты) и перемещение их с помощью погрузочной техники стала широко использоваться после II-й Мировой войны. В настоящее время она охватила все страны и отрасли экономики и является основой современных и технологически совершенных систем обработки материалов. Большинство паллет изготавливают из древесных компонентов простой формы, соединённых металлическим креплением. Преимущество изготовления древесины – широкое распространение лесов в мире, прочность, низкая цена, быстрая сборка, и ремонтпригодность, технологичность обработки, что позволяет изготовить поддоны любой формы и конструкции.

Недостатком деревянных поддонов является низкая биостойкость по отношению к болезням и вредителям, живущим в древесине, что может нанести вред как самим товарам, так и окружающей среде региона, куда попадет инфицированный поддон.

Поэтому секретариатом Международной конвенции по защите (карантину) растений продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) в 2002 г. был разработан и принят стандарт по санитарным и фитосанитарным мерам ISPM15 «Руководство по регулированию древесных упаковочных материалов в международной торговле». Согласно требованиям стандарта ISPM15, древесные упаковочные и крепёжные материалы должны окариваться и освобождаться от вредителей путём сушки и тепловой или химической обработки и фумигации. Обработанные паллеты помечаются маркировкой – клеймом согласно конвенции IPPC (от англ. *International Plant Protection Convention*), которая показывает соответствие обрабатываемых изделий требованиям фитосанитарных инструкций [1].

Пример маркировки показан на рис. 1.

Маркировка включает:

- IPPC Logo: Логотип Международной конвенции по защите растений;
- XX: Код страны (например, «RU» для России, «BY» для Беларуси);
- 000: Уникальный номер, выданный производителю или обработчику;
- YY: Тип обработки (например, «HT» для термообработки или «MB» для обработки метилбромидом).

Фитосанитарная обработка и правильная маркировка деревянной тары обязательны при международной транспортировке товаров. Деревянная тара после термической обработки обозначается клеймом ISPM с уникальным номером – 415, что гарантирует качество и надёжность для клиентов. Фитосанитарная обработка по стандарту ISPM 15 деревянной тары – это гарант качества и надёжности для клиентов.

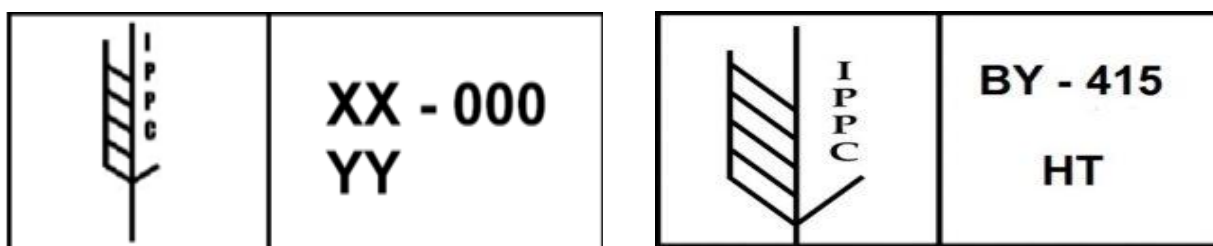


Рис. 1. Пример маркировки – клейма

Традиционные поддоны изготавливают из цельной деревянной доски в виде основных категорий – стрингерные или продольные (бакалейные) и блочные. Их объединяет наличие верхней площадки, на которой размещается груз. В качестве несущих элементов в стрингерном поддоне используют две и более балки, определяющие длину поддона. Основу блочных поддонов составляют девять бобышек – кубиков из древесины. Комбинацией из стрингерных и блочных поддонов является европаллета.

Частый ремонт деревянных поддонов и вывод их из оборота увеличивает их примерно на 20 % сверх необходимого количества. В результате растут рас-

ходы на аренду дополнительных складских площадей, на закупку материалов для ремонта и зарплату рабочим [1]. Не смотря на доминирование деревянных поддонов, их изготавливают также из пластмассы, металла, картона и прессованной древесной стружки.

Фасонные транспортные поддоны из деревянной стружки разработаны немецкой фирмой «Верцалит» как выгодная альтернатива традиционным транспортным поддонам из массивной древесины. Они являются новинкой для Российского и Белорусского рынка. Основные преимущества древесностружечных поддонов и подставок-брусков – их низкая себестоимость, так как в качестве сырья используется различные древесные отходы.

Производство древесностружечных поддонов по технологии «Верцалит» налажено в Германии, Нидерландах, США, Южной Кореи. В Китае и Сингапуре работают похожие производства, выпускающие отдельные компоненты для поддонов: дистанционные колодки, опорные планки и брус под брендом Werzalit Timber.

Технология производства древесностружечных поддонов похожа на производство древесностружечных плит и состоит из участка изготовления и подготовки стружки, её сушки, приготовления связующего, формовки, гидравлического горячего прессования, штабелирования готовой продукции и участка выработки тепловой энергии. При горячем прессовании происходит образование древесностружечного поддона заданных размеров и формы. Поддоны изготавливаются на различную нагрузку, разной толщины.

Основным показателем качества поддонов является прочность на изгиб при трёхкратной нагрузке, а также влагостойкость и химическая безопасность. Мелкая фракция, древесная пыль удаляется из стружки и используются для получения тепловой энергии [2].

В Республике Беларусь производство древесностружечных поддонов начато в 2024 г. на ООО «РуфБелКом» и является импортозамещающим экспорт ориентированным продуктом. Внешний вид поддонов указан на рис. 2. Сырьевая база – древесные отходы деревообрабатывающих предприятий, древесина



Рис. 2. Внешний вид древесностружечного поддона

лесоповала и сухостойная древесина (еловая). Научно-техническое обеспечение производственного процесса осуществляет ЦЗЛ ОАО «Витебскдрев»

По сравнению с поддонными из древесины и других материалов, древесностружечные поддоны обладают рядом особенностей и преимуществ:

1. Прочность, стабильность форм, устойчивость к влаге и другим негативным факторам на уровне аналогов;

2. Древесностружечные под-

доны классифицируются как обработанная древесина и согласно ISPM 15 и используются в качестве экспортной тары без необходимости фитосанитарной обработки, так как при производстве подвергаются высокому нагреву;

3. Предварительная сушка сырья требуется если влажность его превышает 15 %;

4. Конструкция поддонов является монолитной (они производятся в виде готовых цельных изделий в пресс-формах). Поскольку нет отдельных деталей, нет и крепежных элементов (гвоздей, шурупов, саморезов), которые со временем расшатываются и могут привести к порче груза;

5. Поддоны из опилок имеют гомогенную структуру, гладкую поверхность без заноз и других дефектов. Поэтому риск травматизма при работе с ними минимален;

6. Поддоны, изготовленные из древесных отходов, а не из массива, весят меньше, что упрощает перемещение и погрузку товаров. Масса поддона 1200×800 мм – не более 12 кг. Себестоимость поддонов в 1,5...2 раза меньше, чем деревянных;

7. Не подвержены деформациям;

8. Вместимость поддонов в фуру свыше 1500 штук, благодаря возможности укладывать поддон в поддон;

9. Захват вилами погрузчика со всех четырёх сторон;

10. Номинальные размеры: 600×400, 800×1200, 1000×1200 мм;

11. Производство поддонов способствует сохранению лесов, и способствует оздоровлению окружающей среды;

12. Товар многообразный и пригоден для вторичной обработки;

13. Соответствует требованиям международных и европейских стандартов;

14. Возможность изготовления по индивидуальным размерам с необходимыми размерами и грузоподъемностью;

15. Средняя динамическая грузоподъемность 1,5...2,0 т, статическая – более 3 т [5, 6].

Таким образом, в Республике Беларусь налажено производство импортозамещающих древесностружечных поддонов. В перспективе рассматривается возможность производить облегченные поддоны и поддоны с увеличенной грузоподъемностью; улучшенной влагостойкостью и огнестойкостью; бобышки для блочных деревянных поддонов; вовлечения в производство волокнистых древесных отходов; новых связующих и др.

Литература:

1. Виды и типы поддонов // Официальный сайт ООО «ЦЕНТРСКЛАД». Режим доступа: https://www.metalcity.ru/info/articles/vid_poddonov/, свободный (дата обращения: 04.03.2025).

2. Древесностружечные поддоны «Верцалит» // ЛесПромИнформ. 2006. №7(38). Режим доступа: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1306/>, свободный (дата обращения: 04.03.2025).

3. Каверин В.А., Феклин К.П. Выбор, изготовление, испытание тары и упаковки: учебное пособие. – М.: МГУП, 2002 – 258 с.

4. Кузьмич В.В. Технологии упаковочного производства: учеб. пособие. – Минск: Изд-во «Выш. шк», 2012. – 384 с.

5. Поддоны из опилок // Официальный сайт ГК «LESPT». Режим доступа: <https://www.v-hold.ru/stati/poddony-iz-opilok/>, свободный (дата обращения: 02.02.2025).

6. Прессованные поддоны из древесной стружки // Официальный сайт ООО «РуфБелКом». Режим доступа: <https://rufbel.com>, свободный (дата обращения: 04.03.2025).

7. Шипинский В.Г. Упаковка и средства пакетирования: учеб. пособие. – Минск: УП «Технопринт», 2004. – 415 с.

УДК 691.115

Использование древесноволокнистых отходов в качестве подложки под ламинат и производства деталей обуви

К.И. Тарутько¹, Ю.В. Дойлин¹, И.М. Грошев¹, А.Н. Буркин², К.О. Бужинская²

¹ОАО «Витебскдрев»

²УО «ВГТУ»

Рассматриваются вопросы импортозамещения, связанные с изготовлением поддонов из прессованной древесной стружки, в Республике Беларусь, в т. ч. с использованием сырья и материалов, применяемым оборудованием для изготовления поддонов, преимуществом данного вида изделий и рынка поддонов.

Ключевые слова: тара, поддоны, транспортные поддоны, импортозамещение, преимущество поддонов, сырьё и материалы, оборудование, древесная стружка, связующие, влагостойкость.

На предприятиях деревообработки, наряду с крупными отходами образуются значительные объёмы дисперсных отходов, которые используются в основном в качестве топлива. Решением проблемы утилизации дисперсных отходов является их вторичное использование в качестве наполнителя для получения волокнисто-наполненных композиционных материалов. Они представляют собой материалы, состоящие из дисперсной фазы, представленной волокнистыми частицами, и одного или нескольких других компонентов, играющих роль связующего (полимер, минерал и т. д.), между которыми имеется граница раздела фаз и адгезионное взаимодействие. Согласно данному определению, волокнистые композиционные материалы представляет собой матрицу, армированную механическим каркасом в виде волокон, что наделяет материал высокой прочностью при относительно малой плотности [6]. Применение предлагаемого способа использования древесноволокнистых отходов обеспечивает значительный экологический эффект за счёт сокращения площадей, используемых под их складирование; позволяет сократить загрязнение атмосферного воздуха близлежащих территорий древесной пылью. Основными преимуществами создания композитов, модифицированных древесноволокнистым напол-

нителем, является не только решение проблемы утилизации отходов, но и их низкая стоимость, размерная стабильность и улучшенные физико-механические свойства.

Влияние волокнистых наполнителей на свойства композита зависит в значительной степени от свойств самого наполнителя. Поэтому для научно-обоснованного создания композиций путём армирования необходимо знать характеристики наполнителей. Качественный анализ их заключается в оценке зернистости, формы и характера распределения частиц по размерам. От формы и размеров частиц зависят: плотность упаковки наполнителя, равномерность распределения частиц, площадь контакта со связующим, реологические, физико-механические и другие свойства [4].

Фракционный состав древесноволокнистой массы оценивают методом фракционирования волокон с помощью механических или оптических сортировщиков [1].

В данной работе в качестве наполнителя использовали волокнистые отходы, образующиеся в результате производства древесных плит. Первичную древесноволокнистую массу для древесноволокнистых плит средней плотности (MDF от англ. *medium density fiberboard*) получают размолом предварительно пропаренной щепы на волокна в мельнице-дефибраторе [3].

С помощью металлографического микроскопа «Altami MET 5» были изучены особенности строения и внешний вид древесных волокон, что позволило отнести их к классу игольчатых, волокнистых частиц, представляющих собой сплюснутую в зависимости от толщины стенок трубочку (рис. 1).

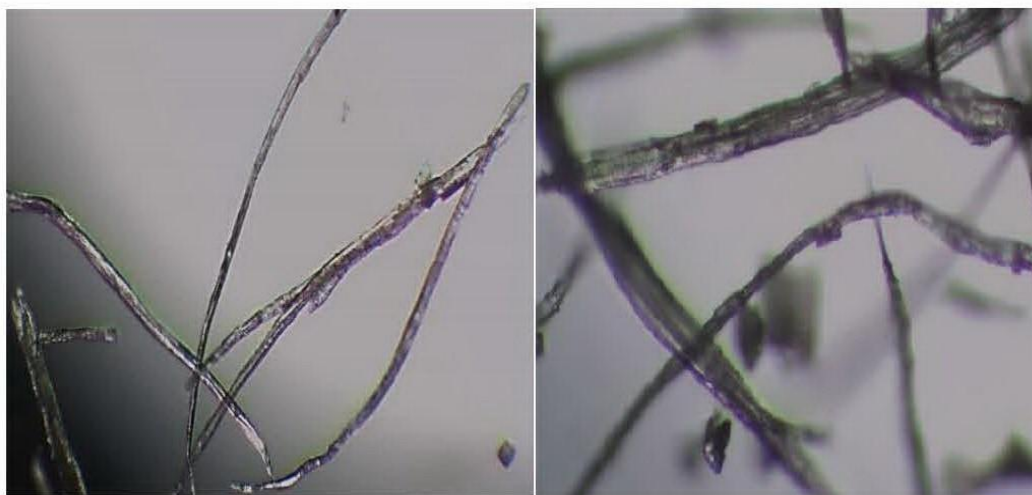


Рис. 1. Микроскопические снимки отходов древесного волокна (10X/0,25 BD, 20X/0,40 BD)

Для определения фракций по размерным характеристикам древесноволокнистые отходы помещали в лабораторный ультразвуковой ситоанализатор «VU100», оснащённый стандартными ситами с размерами сетки от 0,089 мм до 1,980 мм. Сортировщик «VU100» позволяет определить результативность работы участка изготовления волокна. По результатам исследований настраивается оборудование изготовления и размол щепы на волокна, а также вносятся корректировки непосредственно в технологический процесс.

На ультразвуковом сортировщике в ходе исследований было проанализировано древесное волокно из двух партий по 5 бесповторных выборок, массой 10 г каждая. Волокнистые отходы, расположенные на верхнем сите с наибольшим размером ячеек, просеивались всухую в результате ультразвуковых вибраций и накапливались на ситах в соответствии с размерами ячейковой сетки (рис. 2).

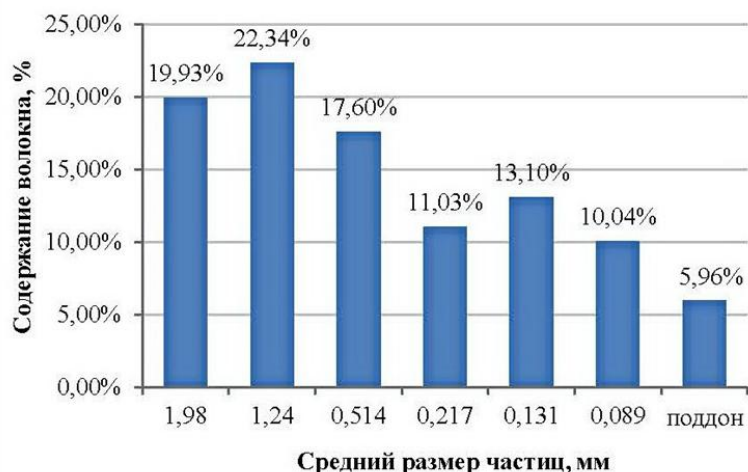


Рис. 2. Фракционное распределение древесного волокна на ситах

Процесс сортировки древесного волокна на фракции занимает незначительное время. Затем каждое отдельное сито взвешивается на лабораторных весах, подсчитывается масса каждой фракции. В результате получаем количественные данные о составе используемого материала. За средний размер частиц наполнителя принимали размер ячейковой сетки сита, на котором оседало волокно. Для проверки однородности дисперсий нескольких выборок вычислялся критерий Кохрена. Расчёты показали, что значение критерия меньше, чем критическое почти в три раза. Коэффициент вариации при этом не превышал 30 %, что говорит об однородности исследуемой волокнистой массы.

Соотношение содержания волокнистого наполнителя и полимерного связующего является определяющим фактором при создании композиционных материалов с заданными технологическими свойствами. При содержании проклеивающей композиции менее 10 % к абс. сух. волокну, волокна склеиваются лишь в отдельных точках. При содержании древесного волокна свыше 25 % от общей массы между отдельными волокнами образуются плёнки [2, с. 223].

Для получения полимерных композиционных материалов в качестве матрицы при исследовании применялись дроблённые отходы обувных картонов следующих марок:

1. Обувной картон марки СЦМ;
2. Обувной картон марки З-1;
3. Обувной картон марки КПЖ.

В основном они хоронятся на полигоне ТБО или подвергаются термическому обезвреживанию, что приводит к негативному воздействию на окружающую среду.

Картон СЦМ заменяет стелечную кожу, так как имеет высокие показатели прочности, влагопоглощения и влагоотдачи, низкую истираемость во влажном состоянии. Он состоит из сульфатной облагороженной целлюлозы, проклеенной синтетическими латексами [5].

Картон 3-1 состоит из кожевенных волокон, проклеен эмульсией латекса с жировой эмульсией. Его используют для изготовления задников повседневной мужской и женской обуви.

Картон КПЖ состоит из растительных волокон, проклеенных органическими веществами. Применяется для изготовления полустелек и укрепления пяточно-гельеочной части обуви.

Длина целлюлозных волокон влияет на физико-механические свойства получаемых материалов. Важной характеристикой стелечных картонов помимо прочности является их гибкость. Короткие целлюлозные волокна не обеспечивают требуемую гибкость, поэтому предпочтительнее использовать целлюлозу, полученную из хвойных пород, имеющих длинные целлюлозные волокна.

С целью установления процентного соотношения различных фракций в исследуемых отходах картонов был использован лабораторный оптический сортировщик волокна *FiberCam 100*.

Оптический сортировщик *FiberCam 100* снабжён пневматической системой для транспортировки волокна и телекамерой, позволяющей получать изображения, на которых видны результаты оптического измерения, идентифицирующего и анализирующего волокно. Измерения проводятся неразрушающим методом, прибор автоматически исключает чрезмерно скрученные и наложенные друг на друга волокна, что даёт возможность получать более точные результаты эксперимента. Фракционное распределение отходов картона представлено на рис. 3, 4 и 5.

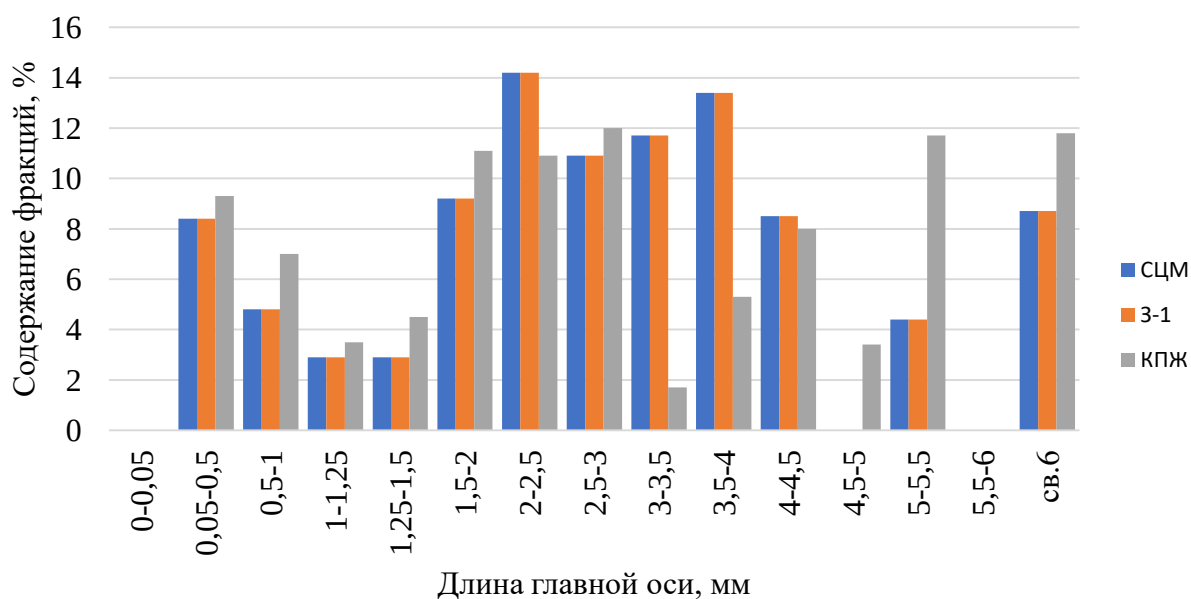


Рис. 3. Распределение дроблённых отходов картонов по главной оси (характеристика, отвечающая за длину частиц)

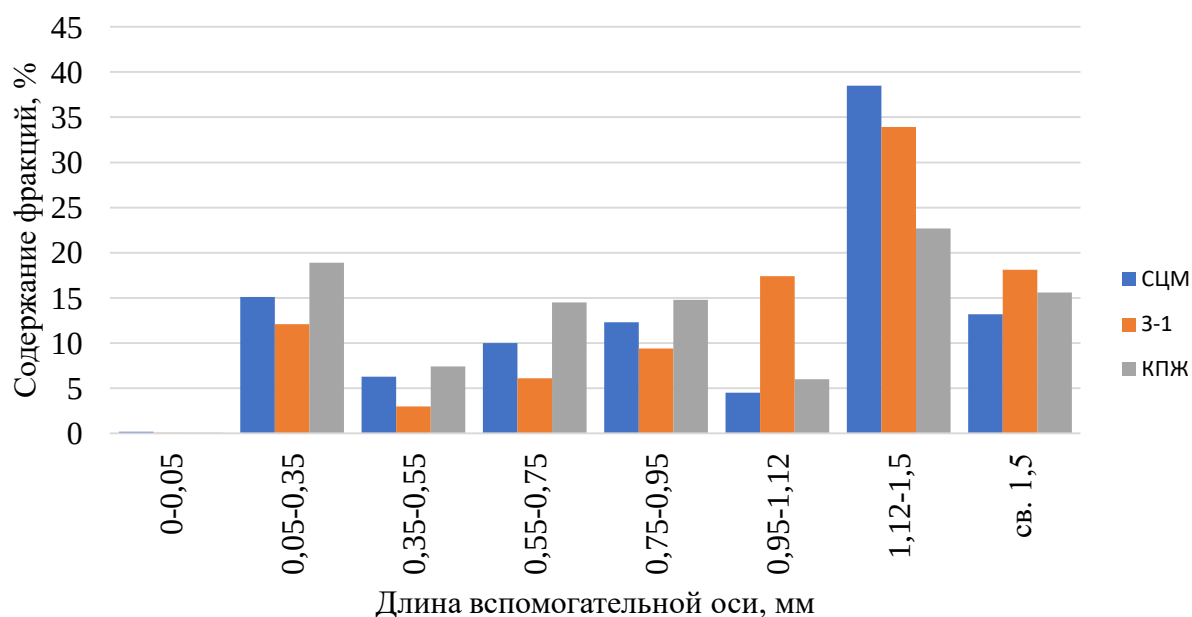


Рис. 4. Распределение дроблённых отходов картонов по вспомогательной оси (характеристика, отвечающая за ширину частиц)

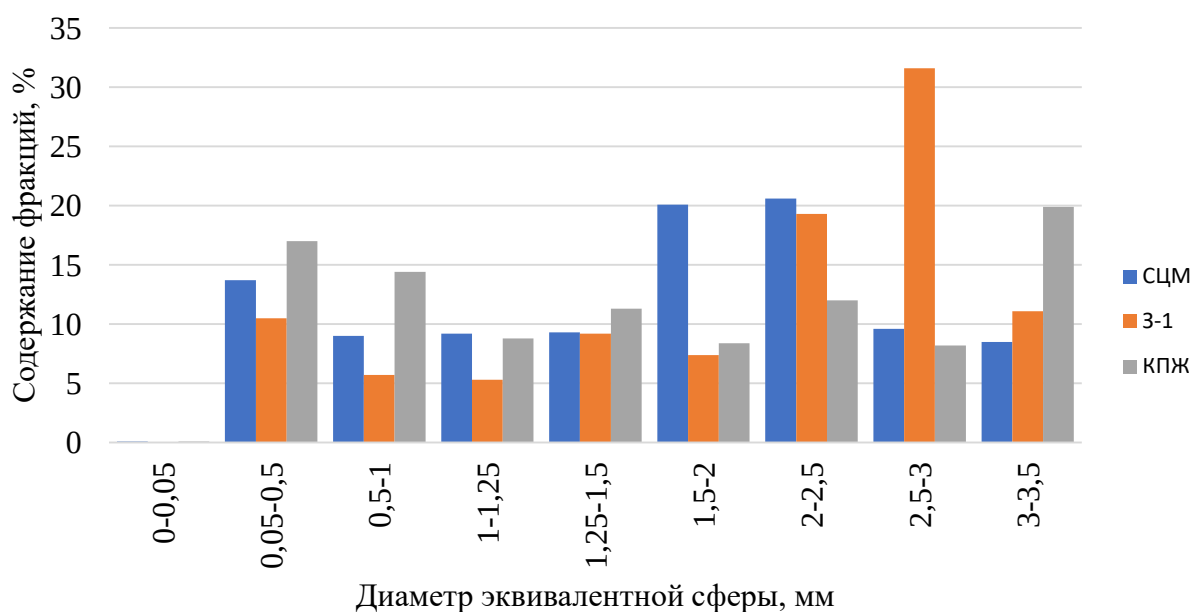


Рис. 5. Распределение дроблённых отходов картонов по диаметру эквивалентной сферы (характеристика, отвечающая за объём частиц)

Фракционное распределение показывает, что при измельчении обувных картонов были получены равные фракции разных видов картонов. Результаты исследований использовались при разработке технологии получения листовых материалов из отходов производства обувного картона и отходов древесного волокна. Состав композиции для изготовления образцов – отходы волокна производства MDF, измельчённый обувной картон, клей на основе КФС, отвердитель, карбамид (для снижения токсичности изделий).

Образцы изготавливались методом термоформования с использованием горячего гидравлического пресса. Регулировались давление, температура и

время прессования. Фракционное распределение материала по длине, ширине и объёму показывает их неравномерность, что позволяет использовать древесное волокно мелкой фракции в качестве наполнителя композиции, а длинное волокно – в качестве армирующей добавки.

Наиболее технологичным и эффективным в композиции является целлюлозный картон марки СЦМ. Это объясняется наличием в нём функциональных групп, характерных для целлюлозных волокон ($-\text{CO}$, $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, фенольные и др.), а также остаточным содержанием вещества, используемого в производстве картона. При незначительном увлажнении и горячем прессе при температуре 160...180 °С они дополнительно способствуют повышению прочности образцов. Также отходы можно использовать для получения экологически чистых изделий для подложки под ПНЛ и деталей низа обуви.

Целлюлозный картон поэтому составляет основу композиции. Остальные отходы картонов входили в состав в качестве наполнителя и частично как проклеивающая добавка, т. к. при температуре около 160 °С они переходили в пластичное состояние и проклеивали композиционную смесь. Следует отметить, что при температуре выше 160 °С они разрушались, снижая тем самым прочность материала, его внешний вид, образуя на поверхности дефекты в виде тёмных пятен (прогаров). Использование их в смеси с древесным волокном, возможно получение материала листового без применения связующего.

В ходе выполнения эксперимента в лабораторных условиях были получены около 20 видов композиционных материалов различного композиционного состава различной толщины, в т. ч. с использованием отходов MDF и древесного волокна мокрого способа производства. Лабораторные образцы испытаны по физико-механическим показателям. Определён оптимальный композиционный состав образцов, определены предполагаемые области использования. По установленной плотности (таблица) исследовали её распределение по толщине образцов (рис. 6) на испытательной установке IBX 600, позволяющей производить взвешивание образцов до 2000 г и измерение геометрических размеров по трём осям до 150 мм с автоматическим внесением измеренных параметров в собственное программное обеспечение и автоматическим расчётом.

Таблица – Плотность образцов

№ обр.	ρ , кг/м ³	№ обр.	ρ , кг/м ³	№ обр.	ρ , кг/м ³	№ обр.	ρ , кг/м ³	№ обр.	ρ , кг/м ³
K0	1174	13,0	1406	21,0	869	30,0	1168	36,0	1106
K1	1049	14,0	1031	23,0	985	31,0	1033	37,0	1057
9,0	904	15,0	1367	24,0	994	32,0	1072	38,0	1079
10,0	1154	16,0	928	25,0	986	33,0	973	—	—
11,1	1114	17,0	1003	26,0	1178	34,0	1159	—	—
11,2	1004	18,0	891	27,0	815	39,0	999	—	—
12,0	1236	19,0	904	28,0	1135	35,0	1076	—	—

О б о з н а ч е н и я: ρ – плотность

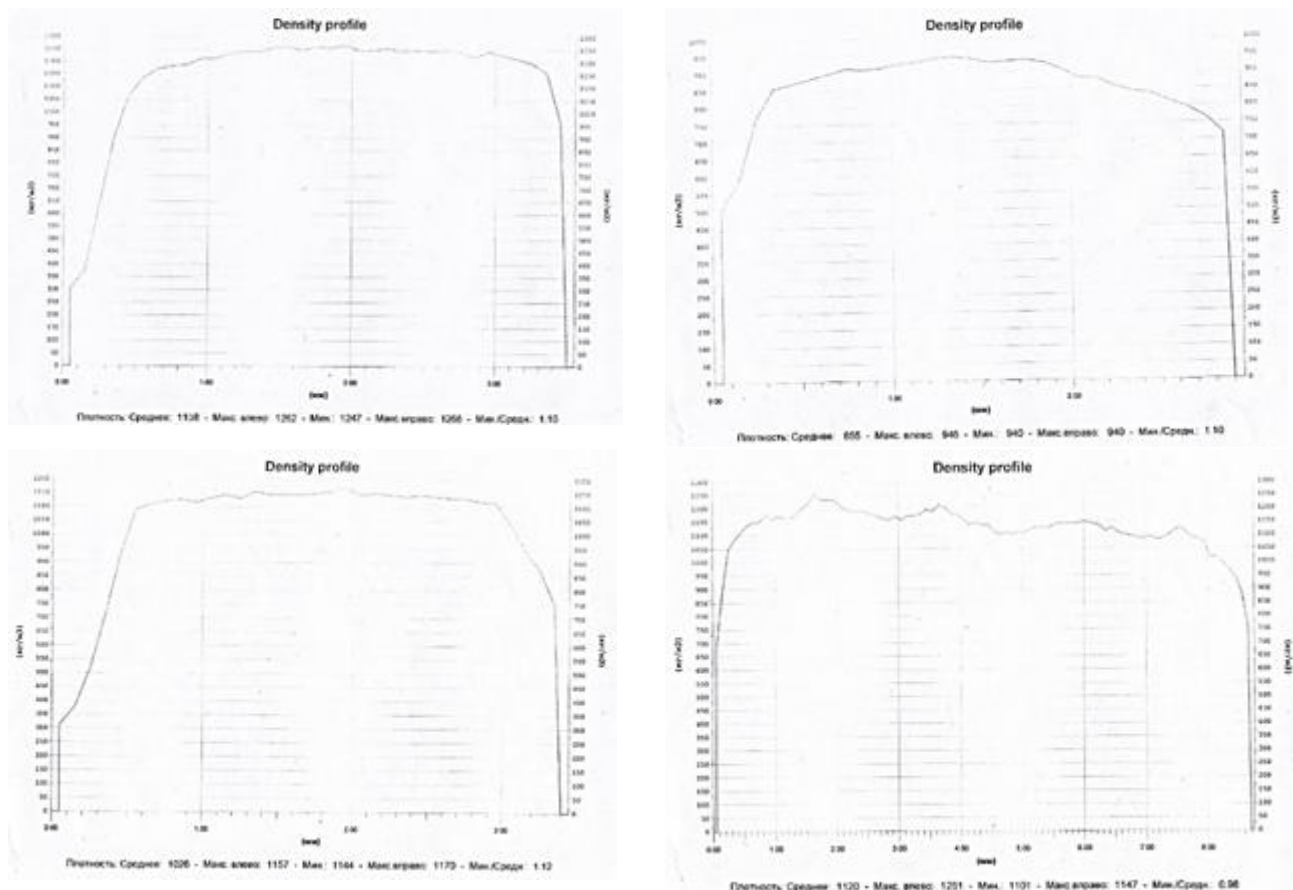


Рис. 6. Распределение плотности по толщине образца (равномерное)

Анализ показывает, что распределение плотности по толщине образцов равномерное, что является важным эксплуатационным признаком. Планируется полупромышленное изготовление образцов размером 500×500 мм для использования в качестве подложки под напольные покрытия и получения деталей обуви (в качестве полустельки и задника). В патентное ведомство Республики Беларусь подана заявка на изобретение композиционного материала.

Кроме того, получены образцы толщиной от 10 до 12 мм различного композиционного состава, которые могут быть использованы в качестве теплоизоляционного материала при обустройстве перегородок в жилых и технических помещениях.

Литература:

1. Буркин А.Н., Радюк А.Н., Дойлин Ю.В., Шаповалов В.М., Зотов С.В., Тимофеев А.А. Получение материалов с заданными свойствами и минимальным количеством ингредиентов // Полимерные композиты и трибология: материалы международной научн.-практич. конференции 28–30 июня 2022 года. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2022. С. 16. EDN: VKQFRL.
2. Буркин А.Н., Шеремет Е.А., Егорова Е.А., Лобацкая Е.М. Материаловедение кожевенно-обувного производства. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2011. 310 с. EDN: XVDRKP.
3. Мерсов Е.Д. Исследование фракционного состава древесноволокнистой массы // Технология древесных плит и пластиков: межвузовский сборник. 1981. Вып. VIII. 1981, № 7, С. 79–86. Режим доступа:

<https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/10736?mode=full>, свободный (дата обращения: 04.03.25 г.).

4. Сафин Р.Г., Саттарова З.Г., Галиев И.М., Салдаев В.А. Композиционные материалы на основе древесных частиц и полимеров // Вестник Казанского государственного технологического университета. 2015. Т.18, №19. С. 184–187. EDN: UYYFKB.

5. Справочник обувщика (Технология) / Михеева Е.Я., Мореходов Г.А., Швецова Т.П. и др. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 416 с.

6. Сушков А.С. Формирование древеснокомпозиционных материалов из отходов деревообработки // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. № 2-1(7-1). С. 160–169.

Алфавитный список авторов

Абразовский Геннадий Анатольевич – директор ООО «РуфБелКом», г. Могилёв (E-mail: info@rufbel.com)

Артёмов Артём Вячеславович – доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров Уральского государственного лесотехнического университета, к.т.н., доцент, г. Екатеринбург. (E-mail: artemovav@m.usfeu.ru).

Баканов Илья Юрьевич – инженер-технолог ООО «Завод слоистых пластиков», г. Санкт-Петербург (E-mail: busterbakenov@gmail.com).

Бужинская Карина Олеговна – аспирант кафедры технического регулирования и товароведения Витебского государственного технологического университета, г. Витебск (E-mail: trt@vstu.by).

Буркин Александр Николаевич – профессор кафедры технического регулирования и товароведения Витебского государственного технологического университета, д.т.н., г. Витебск (E-mail: a.burkin@tut.by).

Бурындин Виктор Гаврилович – профессор кафедры технологии целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров Уральского государственного лесотехнического университета, д.т.н., профессор, г. Екатеринбург. (E-mail: buryndinv@gmail.com).

Варанкина Галина Степановна – профессор кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, д.т.н., профессор, г. Санкт-Петербург (E-mail: varagalina@yandex.ru).

Волкович Алеся Николаевна – главный специалист управления внешне-экономических связей и координации поставок на внутренний рынок концерна «Беллесбумпром», ответственный секретарь ТК ВУ 39 (E-mail: alesiavolkovich@gmail.com).

Глазунова Маргарита Геннадьевна – аспирант кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург. (E-mail: rita.mg.1212@yandex.ru).

Гордейко Светлана Александровна – доцент кафедры химической переработки древесины Белорусского государственного технологического университета, к.т.н., г. Минск. (E-mail: gordeiko@belstu.by).

Грачев Дмитрий Сергеевич - магистрант группы ТЛК4-224-ОМ лесопромышленного факультета Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж (E-mail: urokin60@mail.ru).

Грошев Иван Михайлович – начальник центральной заводской лаборатории ОАО «Витебскдрев», руководитель филиала кафедры технического регулирования и товароведения Витебского государственного технологического университета, к.т.н., доцент, г. Витебск (E-mail: groshev.i@vitebskdrdev.com).

Дойлин Юрий Владимирович – генеральный директор ОАО «Витебскдрев», г. Витебск (E-mail: drev@vitebsk.by).

Дубоделова Екатерина Владимировна – доцент Белорусского государственного технологического университета, к.т.н., доцент, г. Минск (E-mail: katedubodelova@tut.by).

Евстигнеев Эдуард Иванович – профессор кафедры технологии лесохимических продуктов, химии древесины и биотехнологии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, д.х.н., профессор, г. Санкт-Петербург (E-mail: edward_evst@mail.ru).

Ершова Анна Сергеевна – ассистент кафедры технологии целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров Уральского государственного лесотехнического университета, г. Екатеринбург. (E-mail: ershovaas@m.usfeu.ru).

Ефимова Татьяна Владимировна – доцент кафедры механической технологии древесины Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова, к.т.н., доцент, г. Воронеж (E-mail: pk.lpf@mail.ru).

Замазий Леонид Витальевич – аспирант кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург. (E-mail: artistik98@mail.ru).

Захаренкова Мария Юрьевна – студент кафедры древесных и целлюлозных композиционных материалов Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова (E-mail: mariiazakharenkova@icloud.com).

Иванов Даниил Валерьевич – доцент кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, к.т.н., г. Санкт-Петербург (E-mail: ivanov.d.v.spb@yandex.ru).

Ищенко Татьяна Леонидовна – декан лесопромышленного факультета Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова, к.т.н., доцент, г. Воронеж (E-mail: tl_ischenko@mail.ru).

Карпушенко Инна Степановна – старший преподаватель кафедры технического регулирования и товароведения Витебского государственного технологического университета, г. Витебск (E-mail: trt@vstu.by).

Калашников Алексей Алексеевич – технолог группы компаний АО «Слотекс», г. Санкт-Петербург (E-mail: a.kalashnikov@slotex.ru)

Ковалева Ольга Петровна – доцент кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, к.т.н., доцент, г. Санкт-Петербург (E-mail: lta_cbr@mail.ru).

Лагунович Дарья Олеговна – магистрант кафедры химической переработки древесины Белорусского государственного технологического университета, г. Минск.

Леонович Адольф Ануфриевич – профессор кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, д.т.н., профессор, заслуженный профессор СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, заслуженный деятель науки РФ, г. Санкт-Петербург (E-mail: wood-plast@mail.ru).

Махонь Александра Николаевна – доцент кафедры технического регулирования и товароведения Витебского государственного технологического университета, к.т.н., г. Витебск (E-mail: trt@vstu.by).

Музлова Алена Дмитриевна – студент кафедры ЛТ9 «Химия и химические технологии в лесном комплексе» Мытищинского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, г. Мытищи (E-mail: muzlova.al@mail.ru).

Никифорова Полина Константиновна – менеджер по планированию производства НРЛ, ООО «Слотекс-И», г. Санкт-Петербург (E-mail: polina435@inbox.ru).

Николайчик Ирина Владимировна – старший преподаватель кафедры химической переработки древесины Белорусского государственного технологического университета, к.т.н., г. Минск. (E-mail: Nikolaichik_Irina@belstu.by)

Русаков Дмитрий Сергеевич – доцент кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, к.т.н., доцент, г. Санкт-Петербург. (E-mail: dima-ru25@mail.ru).

Синов Артем Дмитриевич – аспирант кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург (E-mail: tdp@spbftu.ru).

Соколова Екатерина Геннадьевна – доцент кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, к.т.н., доцент, г. Санкт-Петербург (E-mail: nikitinaek@rambler.ru).

Стрелкина Софья Егоровна – студентка IV курса, кафедры ЛТ9 «Химия и химические технологии в лесном комплексе» Мытищинского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, г. Мытищи. (E-mail: strelkina.sonya@mail.ru).

Тарутько Константин Игоревич – заместитель начальника центральной заводской лаборатории ОАО «Витебскдрев», г. Витебск (E-mail: zymmixon@gmail.com).

Цветков Вячеслав Ефимович – профессор кафедры ЛТ9 «Химия и химические технологии в лесном комплексе» Мытищинского филиала Мытищинского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, д.т.н., профессор, академик РАЕН, г. Мытищи (E-mail: natali-26.05@mail.ru).

Цветкова Наталья Николаевна – ведущий инженер кафедры ЛТ9 «Химия и химические технологии в лесном комплексе» Мытищинского филиала Мытищинского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, г. Мытищи. (E-mail: natali-26.05@mail.ru).

Чубинский Анатолий Николаевич – профессор кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, д.т.н., профессор, г. Санкт-Петербург. (E-mail: a.n.chubinsky@gmail.com).

Шалашов Александр Петрович – генеральный директор АО «ВНИИДРЕВ», к.т.н., г. Балабаново (E-mail: vniidrev@mail.ru)

Шелоумов Андрей Валентинович – заведующий кафедрой технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, д.т.н., г. Санкт-Петербург (E-mail: wood-plast@mail.ru).

Шишаков Евгений Павлович – старший научный сотрудник кафедры химической переработки древесины Белорусского государственного технологического университета, к.т.н., г. Минск. (E-mail: eshishakov@mail.ru)

Щелакова Ольга Павловна – доцент кафедры ЛТ9 «Химия и химические технологии в лесном комплексе» Мытищинского филиала Мытищинского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, к.т.н., доцент, г. Мытищи. (E-mail: helga35781@yandex.ru).

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Леонович А.А. О подходах к изучению механизма образования древесных плит	4
Шалашов А.П. Производство древесных плит и фанеры в 2024 году	10
Дойлин Ю.В., Грошев И.М., Тарутько К.И., Дубоделова Е.В., Волкович А.Н., Махонь А.Н., Карпушенко И.С. Практика оценки соответствия продукции техническим требованиям на деревообрабатывающих предприятиях отрасли Республики Беларусь	13
Дойлин Ю.В., Грошев И.М., Дубоделова Е.В., Махонь А.Н., Карпушенко И.С. Формирование кадрового инженерно-технического потенциала в системе образования Республики Беларусь для деревообрабатывающей отрасли.....	22
Иванов Д.В., Баканов И.Ю., Глазунова М.Г., Евстигнеев Э.И. Синтез и свойства лигнофенолоформальдегидных смол с высокой степенью замещения фенола на лигнин	31
Шишаков Е.П., Гордейко С.А., Шелоумов А.В., Лагунович Д.О. Новые виды связующих для производства древесных композиционных материалов ..	36
Синов А.Д., Варанкина Г.С., Русаков Д.С. К вопросу о снижении токсичности карбамидоформальдегидных клеев	39
Шишаков Е.П., Гордейко С.А., Шелоумов А.В., Николайчик И.В. Модификация карбамидоформальдегидных смол техническими продуктами.....	43
Никифорова П.К., Захаренкова М.Ю. Изучение химического состава промышленной карбамидоформальдегидной смолы марки КФ-МТ-15	47
Соколова Е.Г. Влияние количества меламина в смоле на свойства клеевых композиций и готовой продукции	53
Леонович А.А., Замазий Л.В. Особенности образования плитного материала из подсолнечной лузги	56
Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Русаков Д.С. Производство фанеры с использованием модифицированных карбамидоформальдегидных смол.....	60
Грачев Д.С., Ищенко Т.Л., Ефимова Т.В. Обзор исследований по вопросу улучшения физико-механических свойств фанеры.....	64
Цветков В.Е., Щелакова О.П., Цветкова Н.Н., Стрелкина С.Е., Музлова А.Д. Синтез и свойства бесцветных фенолоформальдегидных смол и их применение в производстве декоративных бумажно-слоистых пластиков.....	68
Ковалева О.П. Бумажные смоляные плёнки: сырьё и качество	72
Калашиников А.А. Повышение абразивной стойкости поверхности декоративных бумажно-слоистых пластиков	76
Ершова А.С., Артёмов А.В., Бурындин В.Г. Новый химический модификатор для получения композиционного материала без применения связующих веществ.....	80

<i>Абразовский Г.А., Дойлин Ю.В., Грошев И.М., Тарутько К.И., Дубоделова Е.В.</i> Транспортные поддоны из прессованной древесной стружки	82
<i>Тарутько К.И., Дойлин Ю.В., Грошев И.М., Буркин А.Н., Бужинская К.О.</i> Использование древесноволокнистых отходов в качестве подложки под ламинат и производства деталей обуви	89
Алфавитный список авторов.....	97

Научное издание

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
Леонович Адольф Ануфриевич

РЕДАКТОРЫ
Иванов Даниил Валерьевич
Глазунова Маргарита Геннадьевна

ДРЕВЕСНЫЕ ПЛИТЫ И ФАНЕРА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

XXVIII Всероссийская научно-практическая конференция
12-13 марта 2025 г.

В авторской редакции с готового оригинал-макета

Подписано с оригинал-макета
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 6,43 ЭБС Заказ № 101 С 213

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
194021, Санк-Петербург, Институтский пер, 5, лит У

