



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ДРЕВЕСНЫЕ ПЛИТЫ И ФАНЕРА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

XXVI Всероссийская
научно-практическая конференция

21-22 марта 2023 г.



Кафедра
технологии
древесных и
целлюлозных
композиционных
материалов

Санкт-Петербург – 2023

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**

XXVI Всероссийская
научно-практическая конференция
21-22 марта 2023 г.



Санкт-Петербург
2023

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; **Павлов В.С.** – ведущий специалист отдела конгрессной деятельности; **Чугунова Е.В.** – 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; **Глазунова М.Г.** – аспирант 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.

Древесные плиты: теория и практика: XXVI Всероссийская. науч.-практ. конф., 21-22 марта 2023 г. / Под. ред. А.А. Леоновича: – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2023. – 121 с.

ISBN 978-5-9239-1383-5

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.

ISBN 978-5-9239-1383-5

© Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет, 2023

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 стран, естественно, сократилось. Активность сохраняют коллеги из Республики Беларусь. Продуктивное сотрудничество с учёными и инженерами воплотилось в активном обсуждении актуальных научных проблем. Издания в трудах сборника 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. Пусть это касается некоторых отдельных вопросов, но они также существенны для эффективности 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 интересе у посещаемости этих конференций, когда число участников превышало число функционировавших технологических линий нашей страны.

К сожалению, в отношении творческих связей, общая ситуация 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 аспекты 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 на 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 перспективных или иных разработок и предложений. 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.

Релаксационные состояния полимерных компонентов древесины и их роль при биорефайнинге древесины

Э.Л. Аким

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Рассмотрена роль релаксационных состояний полимерных компонентов древесины при биорефайнинге древесины. Установлено, что высокоэластическое состояние целлюлозы является определяющим в химических, физико-химических и механохимических процессах. Впервые показано, что полисахарид арабиногалактан (АГ) в структуре древесины лиственницы выполняет функции эвтектического пластификатора и находится в виде аква-комплекса «АГ-вода» с точкой эвтектики -65°C , обеспечивая тем самым устойчивость деревьев к ветровым нагрузкам в широком температурном диапазоне. Установлено принципиальное отличие двух эвтектических пластификаторов: при сушке древесины лиственницы разрушение аква-комплекса «АГ-вода» приводит к переводу полимерных компонентов древесины из высокоэластического в стеклообразное состояние, тогда как при использовании аква-комплекса «глицерин-вода» (ВГС), при сушке происходит удаление воды, а остающийся глицерин обеспечивает сохранение полимерных компонентов древесины в высокоэластическом состоянии. На направленном изменении релаксационного состояния полимерных компонентов древесины на основных стадиях производства основана разработанная и реализованная новая энергосберегающая технология получения твёрдого биотоплива высокой плотности (HDSBF) – целлюлозных композитов энергетического назначения.

Ключевые слова: высокоэластическое состояние целлюлозы, эвтектики, арабиногалактан, водно-глицериновая смесь, композиционные материалы, биотопливо третьего поколения.

Введение. В 1976 году – на Юбилейной конференции Американского Химического общества был представлен мой доклад «Структурные изменения целлюлозы в процессе получения и переработки бумаги» [21]. Этот доклад был опубликован не только в материалах конференции, но и, с согласия автора, в Журнале «Химтех» [20]. В этом журнале он вышел, однако, под названием «Целлюлоза – баран с колокольчиком или старая шляпа». Иными словами, «Целлюлоза – полимер прошлого или будущего». Предваряя статью, редакция писала «Если мы хотим ориентироваться на воспроизводимые источники сырья, мы уже сегодня должны думать о том, что нам делать. В России ответ на этот вопрос даёт Аким». Эта публикация получила достаточно широкий резонанс, в частности, статью полностью перевёл на японский язык и опубликовал в Японии крупнейший учёный в области полимеров Ичиро Сакурадо [16].

Прошло почти полвека и сегодня этот вопрос мы можем отнести уже целиком к древесине «Древесина – баран с колокольчиком или старая шляпа?» или, если использовать не дословный перевод, а смысловой «Древесина – лидер или старая галоша?». Более правильно рассматривать целиком лесной сектор. В результате и рождается название серии наших последних статей: «Forest sector – “bellweather” or “old hat”?». С учётом последних мировых тенденций можно говорить о том, что эти статьи посвящены проблемам климатической нейтральности, ESG и Лесного сектора. С учётом того, что на долю России приходится 20 % площади лесов мира, а первой особенностью лесного сектора является его глобализация, можно дополнить «Проблемы климатической нейтральности, ESG и Лесного сектора России и мира».

Растущая роль лесной продукции в смягчении последствий изменения климата и необходимость определяемых на национальном уровне подходов к лесному хозяйству для достижения чистых нулевых выбросов была представлена на COP27 14 ноября 2022 живой и онлайн-аудитории в павильоне Международной торговой палаты (ИТЦ).

Новое исследование, проведённое под эгидой Консультативного комитета ФАО по устойчивости лесного комплекса (ACSF) и Международного совета лесных и бумажных ассоциаций (ICFPA), представленное на Всемирной конференции по климату (COP27) в Египте, рекомендует странам «призыв к действию» – принять определяемые на национальном уровне подходы к развитию их устойчивой лесной промышленности, тем самым устраняя возникающий глобальный разрыв в поставках древесины и древесного волокна по мере того, как мир переходит к экологически чистым поставкам волокна [34].

Температурные границы релаксационных (физических) состояний целлюлозы. Как известно, эксплуатационные свойства полимерных материалов, их поведение в процессах механической, физико-химической и химической переработки неразрывно связаны с температурными границами физических состояний. Соответственно и для целлюлозных материалов определение этих границ, изучение возможности осуществления перевода целлюлозы из одного физического состояния в другое имеют решающее значение. Исключительность целлюлозы как полимера, синтезируемого самой природой, и применимость к ней теоретических концепций, достаточно детально разработанных для синтетических полимеров, позволяют анализировать с позиций физикохимии полимеров релаксационное состояние целлюлозы в процессе биосинтеза и при осуществлении промышленных процессов производства материалов на её основе. В настоящее время целлюлоза рассматривается как кристаллизующийся полимер, имеющий достаточно чётко выраженные кристаллические и аморфные области. Наличие аморфных областей позволяет говорить о температуре стеклования целлюлозы и возможности её перевода в высокоэластическое состояние.

Работы, посвященные температуре стеклования целлюлозы, немногочисленны. В. А. Каргиным и сотрудниками [13] было показано, что температура стеклования целлюлозы (в сухом состоянии, на воздухе) составляет 220 °С. Такие результаты и дали основание считать, что целлюлоза в обычных условиях

находится в стеклообразном состоянии. А так как температура стеклования лежит выше температуры разложения целлюлозных материалов на воздухе, то и перевод целлюлозы в высокоэластическое состояние невозможен без её деструкции.

Однако если невозможен перевод целлюлозы в высокоэластическое состояние путём нагрева без её деструкции, то в принципе он возможен путём пластификации. Одним из путей пластификации является приведение полимерного образца в контакт и сорбционное равновесие с пластифицирующей жидкой средой.

В конце 60-х гг. прошлого века мною с сотрудниками были проведены исследования влияния жидких сред на температуру перехода ряда полимеров из стеклообразного в высокоэластическое состояние [4-6]. Температура стеклования целлюлозы, составляющая для сухой целлюлозы на воздухе 220 °С, под влиянием ряда жидких сред (воды, глицерина, уксусной кислоты) снижается весьма значительно, в частности в воде – ниже комнатной температуры [4-6].

Выполненные исследования позволили проанализировать роль высокоэластического состояния полимеров в механохимических, физико-химических и химических процессах, сформулировать особенности протекания процессов при высокоэластическом состоянии полимеров [4].

Было показано, в частности, что с направленным изменением физического состояния полимерных компонентов древесины связано возникновение прочности бумажного листа, а одним из обязательных условий крашения текстильных материалов является перевод волокнообразующего полимера из стеклообразного в высокоэластическое состояние [4-6]. Обязательным условием осуществления химических реакций с полимером, находящимся в конденсированном состоянии, также является его расстекловывание. Экспериментально было доказано, например, что сущность такой технологической операции, как активация за счёт обработки уксусной кислотой целлюлозы перед её ацетилированием, заключается в переводе целлюлозы из стеклообразного в высокоэластическое состояние благодаря пластифицирующему действию уксусной кислоты [4, 10].

Для целлюлозы и материалов на её основе мокрое состояние первично, а сухое состояние является вторичным. Биосинтез целлюлозы в природе происходит при обязательном участии воды, то есть целлюлоза рождается в воде. Выделение технической целлюлозы из древесины и другого растительного сырья осуществляется в водных средах. Таким образом, как в природных, так и уже в обычных, комнатных условиях мокрая целлюлоза находится в высокоэластическом состоянии. При этом для целлюлозных материалов в воде величины модуля упругости соответствуют значениям, характерным для полимеров, находящихся в высокоэластическом состоянии. Переход из мокрого в сухое состояние для целлюлозы и материалов на её основе имеет особое значение. Мокрая целлюлоза находится в высокоэластическом состоянии, а сухая застеклована. При сушке целлюлозы происходит, таким образом, изменение физического состояния. При обычных методах сушки целлюлозы совмещаются процессы

обезвоживания (удаления воды) и сушки (удаления жидкости, смачивающей целлюлозу). Происходящее за счёт удаления пластификатора (воды) стеклование целлюлозы осуществляется в условиях значительных усадочных напряжений [3].

При получении бумаги и картона применяются водные суспензии целлюлозных волокон. При получении бумаги и картона положительную роль играют усадочные напряжения, стягивая при сушке фибриллярные элементы бумажного листа до расстояний, на которых в максимальной степени реализуются все возможные межволоконные связи за счёт образования межмолекулярных связей между гидроксильными группами макромолекул, находящихся на поверхности фибриллярных надмолекулярных образований. Последующее стеклование фиксирует такую стянутую структуру бумажного листа. Соответственно основные стадии получения бумаги (размол, отлив, прессование, сушка) направлены на создание межволоконных связей в бумаге с целью получения прочного листа. Возникновение прочности бумажного листа связано с изменением физического состояния полимерных компонентов растительной ткани. Ход процессов обработки и переработки бумаги зависит от физического состояния всех полимеров, участвующих в этом процессе. В связи с этим значительный интерес представляет влияние различных сред на релаксационное (физическое) состояние основных компонентов бумаги и взаимосвязь между их физическим состоянием и поведением бумаги в процессах её обработки и переработки [2-5, 10, 22].

Лесопромышленный комплекс и секвестирование углерода. Лесной комплекс России, в частности её целлюлозно-бумажная промышленность и промышленность древесных пластиков, вносят большой вклад в разработку и реализацию программы перехода страны к углеродной нейтральности. Одними из аспектов этой работы является переход к низкоуглеродным технологиям, расширение использования биотоплива, выявление и создание новых направлений секвестирования углерода с использованием как природных, так и создаваемых механизмов секвестирования. Наряду с деревянным строительством все материалы, которым посвящена сегодняшняя конференция, также, как и сделанная из них мебель, может рассматриваться как секвестирование углерода. Более того, если на завершающих стадиях жизненного цикла этой мебели она будет переработана в биотопливо, то это является примером каскадного использования древесины.

В 1995 – 2005 гг. в Лесном Секторе мира были разработаны Стратегические программы, которые явились ответом на стремительное развитие плантационных лесов в Латинской Америке и в Китае. Так, в 1995 г. была разработана и вскоре началась реализация в Северной Америке программы «Agenda 2020». В этой программе появляется понятие биорефайнинга древесины, как направления комплексной переработки древесины. В 2005 г. в Европейском Союзе была разработана «Стратегическая Технологическая Платформа развития Лесного комплекса ЕС до 2030 года – EFTP», с расширением исследований в области биорефайнинга. Практически одновременно, в 2005 г. происходит разработка взаимодействующей с Европейской Платформой Российской Лесной

Технологической Платформы (развития Лесного комплекса до 2030 г.) и её включение в Платформу «БиоТех2030». Её разработчиками явились ЦЭПЛ РАН; РАОБумпром; и наш Университет растительных полимеров – ВШТЭ СПбГУПТД.

Одно из важнейших направлений программ – биорефайнинг древесины. Примерами могут являться разработки нашей кафедры – проект «Лиственница», биорефайнинг осины. В рамках этих проектов были выполнены и фундаментальные исследования на уровне нано-структуры древесины, и прикладные технологические исследования, включающие крупномасштабную реализацию приоритетных технологий в Светогорске и в Группе «Илим».

Разработка инновационной технологии ассортимента новых видов многослойных видов бумаги и картона с направленным разделением функций слоёв. В 1970 – 1980 гг. прошлого века нашей кафедрой были разработаны и поставлены на производство новые виды бумаги для декоративных бумажно-слоистых пластиков (ДБСП): многослойные – для внутренних слоёв с направленным разделением функций слоёв, кроющие – с бинарными неорганическими наполнителями, наполненные порошковой фенолформальдегидной смолой – для беспропиточной технологии ДБСП [1]. Для четырёхслойной бумаги два внутренних слоя изготавливались из размолотой целлюлозы, а два наружных слоя – из не размолотой. На стадии пропитки такой бумаги растворами фенолформальдегидной смолы (спиртовыми – для Ленинградского завода слоистых пластиков и водными – для Мытищинского завода Промстройпластмасс) ФФС пропитывает только наружные слои, однако при последующем горячем прессовании расплав смолы проникает и во внутренние слои. В этих слоях армирующим компонентом являются целлюлозные фибриллы, благодаря чему возрастают физико-механические свойства ДБСП (Светогорский ЦБК, Кировбумпром – Мурыгино, Ленинградский завод слоистых пластиков и др.). Эти многослойные виды бумаги изготавливались на многосеточных БДМ.

Разработка промышленной технологии производства твёрдого биотоплива третьего поколения – торрефицированного биотоплива [8, 29]. Вода, являющаяся важнейшим компонентом при биосинтезе всех полимерных компонентов древесины, при использовании древесины как источника энергии играет уже отрицательную роль – не только резко снижая, из-за очень высокой теплоты парообразования, теплотворную способность биотоплива, но и приводя к значительным проблемам при сжигании. Технологические процессы получения биотоплива второго и третьего поколения – древесных пеллет и брикетов, торрефицированных и карбонизированных пеллет и брикетов непосредственно связаны с направленным изменением водосодержания этих материалов. На взаимодействии древесного угля с парами воды связаны и такие направления переработки древесного угля, как получение активированных углей и получение синтез-газа и генераторного газа.

Биорефайнинг древесины и Технологическая Платформа «БиоТех2030». Задачей Российской «Лесной технологической платформы» как части Платформы «БиоТех2030» является создание и реализация инновационной модели развития лесного комплекса России, её научное и кадровое обеспече-

ние. Один из её приоритетов – биорефайнинг древесины – комплексная глубокая переработка лесных ресурсов с производством наукоёмкой продукции с высокой добавленной стоимостью.

Наша научная школа много лет занимается проблемами биорефайнинга древесины, прежде всего осины – со Светогорским ЦБК, Лиственницы – с Группой Илим [24], проблемами биотоплива – с ЕЭК ООН и с Лесной Технологической Компанией. Сегодня продолжение этих работ осуществляется СПбГУПТД в рамках программы «**Приоритет 2030**», в которой одна из тем, выполняемая ВШТЭ, «**Развитие производства биоразлагаемой упаковки на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности**», а также в рамках Передовых инженерных школ с темой: «**Разработка промышленной технологии производства твёрдого биотоплива третьего поколения – торрефицированного биотоплива**». На направленном изменении релаксационного состояния полимерных компонентов древесины на основных стадиях производства основана разработанная и реализованная новая энергосберегающая технология получения твёрдого биотоплива высокой плотности (HDSBF) – целлюлозных композитов энергетического назначения. HDSBF – древесных пеллет и брикетов – целлюлозных композитов энергетического назначения – древесных брикетов, с плотностью до 1300...1320 кг/м³. Переход к энергосберегающей технологии осуществляется за счёт хрупкого разрушения высушенных в аэродинамических условиях до практически нулевой влажности опилок, и их диспергировании – превращении в порошок материал. Экструдированность порошка обеспечивается при последующем паровом увлажнении [8, 29].

Развитие производства биоразлагаемой упаковки на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности в рамках программы «Приоритет 2030» включает несколько направлений:

1. Проблемы пластикового загрязнения планеты как одна из глобальных проблем устойчивого развития.
2. Биологическое разрушение и сжигание как заключительные стадии жизненного цикла упаковочных материалов.
3. Арабиногалактан как компонент, придающий биоразлагаемость композитам.
4. Арабиногалактан как компонент, направленно изменяющий лиофильно-лиофобный баланс поверхности композитов.
5. Минимизация полиолефинового слоя в многослойных водостойких материалах.
6. Создание целлюлозно-целлюлозных композитов «бумага-плёнка» с заданными барьерными свойствами.
7. Создание новых поколений твёрдого биотоплива сверхвысокой плотности как одно из направлений водородной энергетики.
8. Утилизация пластиковых отходов в твёрдом биотопливе сверхвысокой плотности.

Особенности строения древесины как водно-биополимерного комплекса, природного полимерного композиционного материала. Хотя древесина является наиболее распространённым композиционным материалом, как

среди природных полимеров, так и среди синтетических композитов, особенности её строения, особенности релаксационного состояния полимерных компонентов древесины изучены недостаточно. При этом, учитывая, что в природной древесине содержится свыше 50 % воды, она должна рассматриваться как водно-биополимерный комплекс [12], в котором вода содержится, по-видимому, в виде самостоятельных аква-комплексов. В проведённых нами исследованиях [11] было установлено, что полисахарид арабиногалактан (АГ) в структуре древесины лиственницы выполняет функции эвтектического пластификатора и находится в виде аква-комплекса «АГ-вода» с точкой эвтектики $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$, обеспечивая тем самым устойчивость деревьев к ветровым нагрузкам в широком температурном диапазоне. Таким образом, в лиственнице в качестве сока выступает являющийся эвтектикой водный раствор АГ, замерзающий при очень низких температурах. Иными словами, аква-комплекса «АГ-вода» с точкой эвтектики $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$, может быть отнесен к **глубоким эвтектическим растворителям (ГЭР)**.

В связи с этим целесообразно остановиться на **глубоких эвтектических растворителях (ГЭР)**, практически открытых уже в XXI веке и ставших популярными объектами исследований. Одной из причин этого стали современные тенденции к повышению экологичности производства и утилизации полимерных материалов как природного, так и синтетического происхождения. Они привели к росту интереса к расширению областей потенциального применения таких полимеров природного происхождения как целлюлоза, крахмал, хитозан и др. Ионные гели на основе матриц из биополимеров, например, сегодня активно исследуют для получения различных гибких электронных компонентов, таких как аккумуляторы, суперконденсаторы и устройств (датчики механической нагрузки для считывания электрических био-сигналов и искусственные мускулы) [19, 26, 30].

Глубокие эвтектические растворители (ГЭР), например, на основе четвертичной аммониевой соли (хлорид холина) и органической карбоновой кислоты (лимонная, молочная), рассматриваются в литературе в качестве простых в производстве, дешёвых и менее токсичных **заменителей ионных жидкостей (ИЖ)** [26]. Физико-химические свойства ГЭР (ионная проводимость, малая летучесть, окно электрохимической стабильности) близки к ИЖ. Это делает их интересными для использования в химической и электрохимической промышленности. В литературе содержащие ГЭР полимерные материалы представлены системами, в которых эвтектический растворитель может быть введён в готовую полимерную матрицу, а, в нашем случае, в системе «АГ-вода» это осуществила сама природа – ГЭР выступают в роли пластификаторов полисахаридов. Как отмечалось в наших статьях, в начале XXI века появились работы, посвящённые природным глубоким эвтектическим растворителям и их применению в Лесном секторе, в частности проект «Провидес» (Provides) [31], в котором был предложен принципиально новый экологичный процесс делигнификации древесины. Об этом проекте докладывалось в 2019 г. в Брюсселе, на заседании СЕПИ.

Первый такой растворитель, представляющий собой смесь карбамида и хлорида холина, был открыт 20 лет назад [17]. При этом было высказано пред-

положение, что в период нехватки воды растение может производить эвтектический растворитель из доступного твёрдого материала клеточных стенок растений, поэтому во время мороза или засухи растение получает жидкость из имеющихся в наличии твёрдых веществ, однако влияние эвтектик на релаксационные состояния полимерных компонентов древесины практически изучено не было. При полимеризации или поликонденсации компонентов в составе ГЭР может также быть сформирована полимерная матрица.

Уже после публикации наших работ [11] была опубликована работа, в которой описано, как ГЭР выступают в роли пластификаторов полисахаридов [33]. Это было продемонстрировано на примере плёнок на основе крахмала, предназначенных для упаковки пищевых продуктов [33]. Как указывают авторы, полученные материалы не уступали по своим механическим и барьерным свойствам аналогам, в которых использовали классический пластификатор – глицерин. В ряде работ было показано, что ГЭР могут быть успешно использованы для получения нано-целлюлозы, модификации целлюлозы, хитозана и их производных [18, 23, 25, 27, 28, 32, 35].

В нашей последующей работе [7] было изучено взаимодействие эвтектического пластификатора – аква-комплекса «глицерин-вода» с опилками древесины лиственницы. Полученные данные были сопоставлены с результатами ранее проведённых исследований, при которых было установлено, что в структуре древесины лиственницы арабиногалактан (АГ) выполняет функции эвтектического пластификатора и находится в виде аква-комплекса «АГ-вода». Было установлено принципиальное отличие двух эвтектических пластификаторов: при сушке древесины лиственницы разрушение аква-комплекса «АГ-вода» приводит к переводу полимерных компонентов древесины из высокоэластического в стеклообразное состояние, тогда как при использовании аква-комплекса «глицерин-вода» (ВГС), при сушке происходит удаление воды, а остающийся глицерин обеспечивает сохранение полимерных компонентов древесины в высокоэластическом состоянии. Были также рассмотрены возможные технологические аспекты выявленных закономерностей.

В заключение ещё раз можно подчеркнуть, что сочетание производства биотоплива третьего поколения с выделением арабиногалактана [29] открывает широкие перспективы для использования арабиногалактана как компонента, направленно изменяющего лиофильно-лиофобный баланс поверхности композитов, придающего композитам биоразлагаемость [9, 14, 15].

Литература:

1. А.с. СССР, РФ №№572546; 681141; 730918; 889770; 1008321; 1022818; 1048867; 1261996; 1302756; 1306999; 1353017; 1425262; 1481306; 1490209.

2. Аким Э.Л. Биорефайнинг древесины // Хим. волокна. 2016. № 3. – С. 4-13.

3. Аким Э.Л. Взаимодействие целлюлозы и других полисахаридов с водными системами: глава 7 в монографии Научные основы химической технологии углеводов. – РАН. М., 2008. – С. 265-348.

4. *Аким Э.Л.* Исследование процесса синтеза волокнообразующих ацетатов целлюлозы: дис. д-ра техн. наук. – Л., 1971. – 492 с.
5. *Аким Э.Л.* Обработка бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 232 с.
6. *Аким Э.Л.* Синтетические полимеры в бумажной промышленности. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 248 с.
7. *Аким Э.Л., Пекарец А.А., Мухина П.М., Ерохина О.А., Федорова О.В., Роговина С.З., Берлин А.А.* Исследование взаимодействия водно-глицериновой смеси опилок лиственницы *larix sibirica ledeb* (pinaceae). Химия растительного сырья, 2023, в печати.
8. *Аким Э.Л., Пекарец А.А., Роговина С.З., Берлин А.А.* Релаксационное состояние древесины и получение целлюлозных композитов энергетического назначения – древесных брикетов и пеллет // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2020, №3, – С. 3-8. DOI: 10.31044/1994-6260-2020-0-9-3-8.
9. *Аким Э.Л., Пекарец А.А., Розова Е.Ю., Курындин И.С., Ельяшевич Г.К.* Новые пленочные композиционные материалы на основе арабиногалактана // Высокомолекулярные соединения. Серия А, 2022. Т. 64. № 4. – С. 1-7. DOI:10.31857/S2308112022700055.
10. *Аким Э.Л., Перепечкин Л.П.* Целлюлоза для ацетилирования и ацетаты целлюлозы. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 232 с.
11. *Аким Э.Л., Роговина С.З., Берлин А.А.* Усталостная прочность древесины и релаксационное состояние ее полимерных компонентов // Доклады Российской Академии Наук. Химия. Наука о материалах. 2020. Т. 491. – С. 73-76. DOI:10.31857/S268695352002017X.
12. *Берлин А.А.* // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2019. № 7. – С. 2-3.
13. *Каргин В.А., Козлов П.В., Ван-Най-Чан* // ДАН СССР. 1960. Т. 130, № 2. – С. 356-361.
14. *Роговина С.З., Аким Э.Л., Берлин А.А.* Использование природного полисахарида арабиногалактана в композиционных материалах // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2021. № 3. – С. 2-8. DOI:10.31044/1994-6260-2021-0-3-2-8.
15. *Роговина С.З., Аким Э.Л.* Новые биоразлагаемые композиционные материалы на основе полимеров различных классов и арабиногалактана из древесины сибирской лиственницы // Материалы VI Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти профессора В.И. Комарова «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов», 09-11 сентября. – Архангельск, 2021. – С. 197-202.
16. *Сакурада И.* // Дзюси, како. 1979. Т. 28, № 5. – С. 220-222
17. *Abbott A.P., Capper G., Davies D.L., Rasheed R.K., Tambyrajah V.* // Chem. Commun. 2003. – P. 70-71.
18. *Abbott A.P.* Thermoplastic starch–polyethylene blends homogenised using deep eutectic solvents / A.P. Abbott, T.Z. Abolibda, W. Qu, W.R. Wise, L.A. Wright // RSC Advances. – 2017. – V. 7. – № 12. – P. 7268–7273.
19. Advanced Biopolymer-Based Nanocomposites: Current Perspective and Future Outlook in Electrochemical and Biomedical Fields // Biorenewable Nanocomposite Materials, Vol. 2 Desalination and Wastewater Remediation / A. Shafi, N. Ba-

shar, J. Qadir, S. Sabir, M.Z. Khan, M.M. Rahman. – American Chemical Society, 2022. – Ch.13. – P. 341–354.

20. *Akim E.L.* Cellulose – Bellwether or old hat. *Chemtech.* – 1978. November. – P. 676-682.

21. *Akim E.L.* Changes in Cellulose Structure during Manufacture and Converting of Paper / Cellulose Chemistry and Technology. ACS. Symposium Series. Washington. 1977. – P. 153-172.

22. *Akim E.L., Smolin A.S.* Role of the relaxation state of polymer components in wood when making composite packaging materials (corrugated cardboard). *Fibre Chemistry.* – 2018. – Vol. 50, № 4.

23. *Azougagh O.* New benzyltriethylammonium/urea deep eutectic solvent: Quantum calculation and application to hydroxyethylcellulose modification / O. Azougagh, S. Essayeh, N. Achalhi, A. El Idrissi, H. Amhamdi, M. Loutou, Y. El Ouardi, A. Salhi, M. Abou-Salama, S. El Barkany // *Carbohydrate Polymers.* – 2022. – V. 276. – P. 118737.

24. *Bochek A.M., Zabialova N.M., Makhotina L.G., Akim E.L.* // Innovative Technology in Russian Forest Sector – The way to the «green economy». // United Nations Economic Commission for Europe. New York and Geneva. 2012. – P. 23-30.

25. *Chang X.X.* A review on the properties and applications of chitosan, cellulose and deep eutectic solvent in green chemistry / X.X. Chang, N.M. Mubarak, S.A. Mazari, A.S. Jatoi, A. Ahmad, M. Khalid, R. Walvekar, E.C. Abdullah, R.R. Karri, M.T.H. Siddiqui, S. Nizamuddin // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry.* – 2021. – V. 104. – P. 362-380.

26. Deep eutectic solvent in separation and preconcentration of organic and inorganic species.// *New Generation Green Solvents for Separation and Preconcentration of Organic and Inorganic Species* / T. Khezeli, M. Ghaedi, S. Bahrani, A. Daneshfar, M. Soylak. – Amsterdam, 2020. – Ch. 9. – P. 381-423.

27. *Galvis-Sánchez A.C.* Natural deep eutectic solvents as green plasticizers for chitosan thermoplastic production with controlled/desired mechanical and barrier properties / A.C. Galvis-Sánchez, M.C.R. Castro, K. Biernacki, M.P. Gonçalves, H.K.S. Souza // *Food Hydrocolloids.* – 2018. – V. 82. – P. 478-489.

28. *Galvis-Sánchez A.C.* Thermo-compression molding of chitosan with a deep eutectic mixture for biofilms development / A.C. Galvis-Sánchez, A.M.M. Sousa, L. Hilliou, M.P. Gonçalves, H.K.S. Souza // *Green Chemistry.* – 2016. – V. 18. – № 6. – P. 1571-1580.

29. *Pekaretz A., Mandre Y., Vinogradov N., Akim E.* Biorefining of larch sawdust producing wood and wood-charcoal briquettes: scientific and technological aspects // *Proceedings 27th European Biomass Conference and Exhibition, 27-30 May, 2019. Lisbon, Portugal.* – P. 1887-1889.

30. Progress on biopolymer as an application in electrolytes system: A review study / N.M. Ghazali, A.S. Samsudin // *Materials Today: Proceedings.* – 2022. – V. 49. – P. 3668-3678.

31. Provides. Deep Eutectic Solvents for Sustainable Paper Production // *Institute for Sustainable Process Technology. The Netherlands.* 2018. – P. 22.

32. *Smirnov M.A.* Green method for preparation of cellulose nanocrystals using deep eutectic solvent / M.A. Smirnov, M.P. Sokolova, D.A. Tolmachev, V.K. Vorobiov, I.A. Kasatkin, N.N. Smirnov, A. V. Klaving, N. V. Bobrova, N. V. Lukasheva, A. V. Yakimansky // *Cellulose*. – 2020. – V. 27. – № 8. – P. 4305–4317.

33. *Sousa A.S.B.* Natural deep eutectic solvent of choline chloride with oxalic or ascorbic acids as efficient starch-based film plasticizers / A.S.B. de Sousa, R.P. Lima, M.C.A. da Silva, D. das N. Moreira, M.M.E. Pintado, S. de M. Silva // *Polymer*. – 2022. – V. 259. – P. 125314.

34. *Verkerk P.J., Hassegawa M., Van Brusselen J., Cramm M., Chen X., Imparato Maximo Y., Koç M., Lovrić M., Tekle Tegegne Y.* 2021. The role of forest products in the global bioeconomy – Enabling substitution by wood-based products and contributing to the Sustainable Development Goals. Rome, FAO on behalf of the Advisory Committee on Sustainable Forest-based Industries (ACSFI). <https://doi.org/10.4060/cb7274en>

35. *Wang H.* Extraction of cellulose nanocrystals using a recyclable deep eutectic solvent / H. Wang, J. Li, X. Zeng, X. Tang, Y. Sun, T. Lei, L. Lin // *Cellulose*. – 2020. – V. 27. – № 3. – P. 1301-1314.

УДК 674

К особенностям теплоизоляционных древесноволокнистых материалов, создаваемых методом задувания в конструкции

А.А. Леонович

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

Рассматриваются условия использования древесноволокнистой массы в качестве материала, создаваемого методом задувания в конструкции, имеющие пустоты и полости. Анализируются причины уплотнения в вертикальных вариантах, обуславливающих возможность образования пустот при нарушении сплошности. Сформулированы мероприятия, обеспечивающие стабильность при службе и пожаробезопасность материала.

Ключевые слова: теплоизоляционный материал, осадка массы волокон, упругость древесных волокон, межволоконное взаимодействие, задувная технология.

Необходимость создания низкоплотных древесноволокнистых материалов обусловлена задачей повышения теплоизолирующих свойств строительных конструкций, в составе которых они используются как одно из условий общей экономии энергии. Вторая задача состоит в ресурсосбережении вообще и в снижении расхода древесного сырья на изготовление единицы продукции в частности.

Вырабатывают ДВП мягким мокрым способом, а в Европе освоено производство и по сухому способу [4]. Однако дальнейшее снижение плотности ог-

раничено необходимостью сохранения монтажной и эксплуатационной прочности. Преодолеть это ограничение оказалось возможным использованием задувной технологии, когда измельчённый материал, выполняющий теплоизолирующую функцию, задувается в пустоты и полости конструкции и образует в них однородную массу плотностью 40...80 кг/м³. Физическое сохранение формы такого материала обеспечивается самой строительной конструкцией. Требуется внутренняя стабильность в процессе службы, чтобы колебания температуры и влажности, собственная масса не приводили к усадке, проседанию и возникновению дефектов сплошности, появлению пустот, увеличивающих локальную теплопроводность по механизму конвекции.

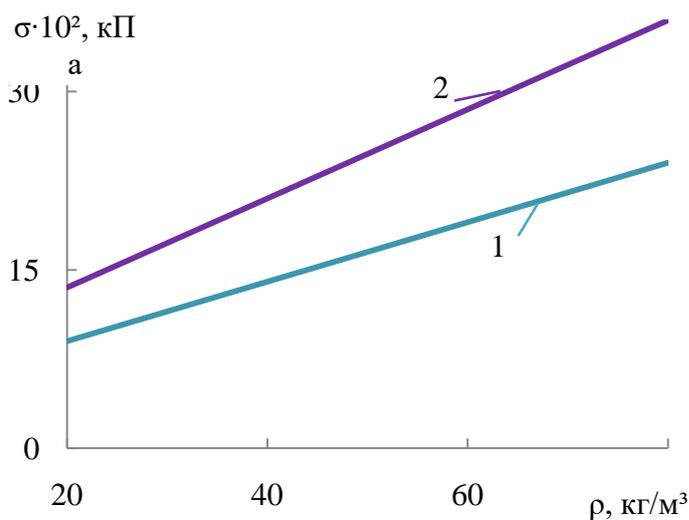


Рис. 1. Давление собственной массы волокна на нижний слой при влажности (%): 1 – 8; 2 – 50.

модифицирующими добавками с упаковкой готового полуфабриката и поставкой на строительную площадку, где имеется установка для задувания (установки поставляются рядом фирм).

Проанализируем причины возможного нарушения монолитности теплоизоляционного материала. Для горизонтальных конструкций проблем с деформацией массы нет, движущая сила сжатия, вызванная давлением собственной массы, ничтожна. Для вертикальных конструкций давление существенно и при увлажнении оно увеличивается, поскольку дополнительно к росту массы вода создаёт пластифицирующий эффект. Примем высоту стены, в которую задувают массу, равную 3 м. Тогда давление на нижний слой в зависимости от плотности задуваемого материала составит 600...2400 кПа (рис. 1).

Если допустить, что упругость волокнистой массы и взаимодействие волокон отсутствуют, то деформация охватывала бы всю массу, и усадка затухающе проявилась бы на всей высоте стенки от максимальной в нижнем слое до нуля вверху, изменяясь по линейному закону, как это показано на схеме (рис. 2, линия Р). Образовалось бы не заполненное волокном пространство. В действительности не совсем так.

В качестве материала заполнения в основном используют так называемую «целлюлозную вату», получаемую измельчением бумажной макулатуры. Сбор и хранение её имеет известные недостатки. Для промышленного строительства нужен промышленно изготавливаемый полуфабрикат, в частности древесноволокнистая масса. Её можно отбирать на заводах ДВП сухого способа производства с организацией дополнительного узла обработки волокон необходимыми

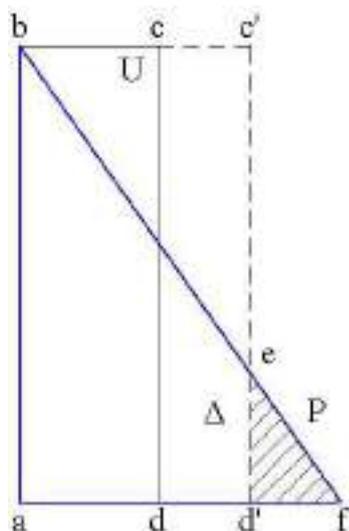


Рис. 2. Схема образования пустого пространства в условиях службы и вариант его уменьшения (обозначения – в тексте).

ческой форме представим следующими символами:

$$\Delta = P(h, \rho) - U(E, \text{MBC}),$$

где Δ – величина уплотнения, незаполненная волокном высота; P – давление, создаваемое массой волокон; h – высота стенки; ρ – плотность задуваемой массы; U – функция состояния системы, обеспечивающая стабильность массы; E – модуль упругости отдельных волокон; MBC – межволоконное взаимодействие.

Функция состояния системы U из контактирующих между собой на отдельных участках волокон удерживается на протяжении всей высоты h силами трения и в какой-то степени межмолекулярными силами Ван-дер-Ваальса в точках близкого соприкосновения на расстояниях 0,3...0,5 нм. Совокупность этих сил и сил трения обозначена MBC . Упругость отдельных волокон E препятствует изменению их положения во времени и при изменении условий службы. В целом примем, что по всей высоте энергия противодействия изменению состояния одинакова и обозначена на схеме прямоугольником $abcd$.

Функция U может изменяться технологическими приёмами, как то: более интенсивной сушкой, переходящей в термообработку волокон, перед отбором их из общей схемы производства ДВП, дополнительной обработкой волокнистой массы связующим холодного отверждения перед задувкой, изменением состава задуваемой массы введением наполнителей. Возможны другие творческие решения. В целом треугольник на схеме превращается в новый $abc'd'$ с уменьшением или полным исключением величины Δ , помеченной на схеме треугольником $d'ef$.

Вместе с тем величина U может уменьшаться с увеличением Δ в условиях службы, как то: увлажнением системы вплоть до конденсации воды на волокнах, нагреванием конструкции и др. Увлажнение не только увеличивает давление на нижележащие слои, но пластифицирует волокна, уменьшая E и MBC . В этом же направлении действует рост температуры [3].

Когда говорим об упругости волокон, то имеем в виду их противостояние деформации сжатия и изгибу. Кроме того, при уплотнении происходит перемещение их фрагментов, благодаря некоторому сдвигу, что в совокупности приводит к уплотнению массы. Что же препятствует уплотнению волокнистой массы, её оседанию (опусканию) в стенке и образованию локального пустого объёма? Соотношение деформирующих и противостоящих факторов, приводящих к возникшей пустоте (незаполненному волоконному объёму, «лакуны»), в логической

Анализируя условия службы с позиции обеспечения стабильности, рассмотрим, как влияет плотность задуваемой массы ρ . С увеличением ρ растёт контакт между волокнами, растёт МВС, уменьшается свобода перемещения фрагментов волокон. Но вместе с тем увеличивается фактор давления. Соотношение факторов легко проверить экспериментально, но с очевидностью вывод был бы в пользу увеличения ρ , если бы в анализ не включалась экономика.

Образование свободного объёма можно отрицательно оценивать не только с позиции ухудшения условий теплоизоляции, но и из-за роста пожарной опасности и снижения биостойкости. Вообще по мере снижения плотности горючесть древесных материалов возрастает, улучшаются условия для развития грибов. Появление лакун в задуваемом материала дополнительно ухудшает ситуацию. Нужна химическая защита древесных волокон.

Можно принять во внимание, что зажигание материала открытым пламенем возможно только в условиях развившегося пожара, сопровождающегося разрушением конструкции. Более вероятным механизмом начальной стадии горения является тление. Для его ингибирования достаточно значительно меньшего расхода антипирена, но его состав должен учитывать именно специфику возникновения тления. Хорошо бы учесть имеющиеся наработки, когда антипирен бифункционален и выступает сшивающим агентом, повышая упругость древесных волокон [1].

В заключение анализа условий использования древесного волокна вместо «целлюлозной ваты» укажем некоторые обстоятельства, которые следует учесть при широком освоении технологии путём задувания массы в полости строительных конструкций как на строительной площадке, так и при подготовке конструкций к монтажу. Стабильность теплоизоляционного древесноволокнистого материала при службе в возможных температурно-влажностных колебаниях условий представляется целесообразным обеспечить следующими мероприятиями, которые должны создавать результат с определённым коэффициентом запаса.

1. *Конструкционные* мероприятия. В вертикальных конструкциях, имеющих большую высоту и подлежащих заполнению пустоты и полости в них предусмотреть разделительные перегородки и заполнять их отдельно. Этим обеспечить достаточность внутренней связи структуры против причин, вызывающих оседание вследствие увлажнения и нагревания при службе.

2. *Технологические* мероприятия. При отборе древесных волокон на предприятии ДВП сухого способа предусмотреть интенсивную сушку (совместить с термообработкой), которая повысит упругость массы. Целесообразно проводить подготовку древесного волокна на стадии отбора огне-, биозащитой с расходными показателями, соответствующими обеспечению требований нормам пожарной безопасности НПБ 244-97 и СНиП 21-01-97 [1].

3. *Рецептурные* мероприятия. Включить в состав волокнистой массы более жёсткий наполнитель, снижающий подвижность массы при напряжении и исключающий возможность усадки массы. Например, известно получение теплоизоляционного огнезащищённого материала на основе гидролизного лигнина [2].

К рецептурным мероприятиям относится предложение вводить в древесноволокнистую массу некоторое количество связующих холодного отверждения равномерно распределённого в массе для точечных сшивок согласно известной связи роста модуля упругости с числом поперечных сшивок между структурными единицами [2].

4. *Требования* к задуваемому теплоизоляционному древесноволокнистому материалу по параметрам плотности (20...80 кг/м³), защищённости (огне, био, гидрофобности) и долговечности должны различаться применительно к конкретным сооружениям. Поскольку у такого материала имеются широкие перспективы как по достигаемым свойствам (дополнительно звукоизоляция, погашении вибрации и др.), так и по областям применения (дополнительно судостроение, бытовые сооружения и др.), то надо создать линейку вариантов задуваемых материалов по соответствующим назначениям и ценам.

Литература:

1. *Леонович А.А.* Модифицирование древесных плит. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 116 с.

2. *Леонович А.А.* Новые древесноплитные материалы. – СПб.: Химиздат, 2008. – 160 с.

3. *Леонович А.А.* Технология древесноволокнистых материалов. Теория и практика производства: учебн. пособ. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 260 с.

4. *Леонович А.А.* Физико-химические основы образования древесных плит: учебн. пособ. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 264 с.

УДК 691-413

Древесноволокнистая плита средней плотности сухого способа производства повышенной водостойкости

*Ю.В. Дойлин¹, А.А. Кожемяко¹, И.М. Грошев¹, О.Г. Шкетик¹,
Е.В. Дубоделова², А.Д. Заровский³*

¹ОАО «Витебскдрев»

²УО «БГТУ»

³ООО «ФедВар»

Рассматривается способ приготовления древесноволокнистой плиты средней плотности сухого способа производства повышенной водостойкости для использования во влажных зонах.

Ключевые слова: древесноволокнистая плита средней плотности, карбамидоформальдегидная смола, гидрофобизирующая жидкость, водостойкость, древесное волокно, проклеивающие вещества, краситель (пигмент) зелёный.

Основная цель повышения водостойкости древесноволокнистых плит – обеспечение постоянства свойств во времени и неизменности их формы при эксплуатации при переменных условиях влажности и температуры. Известны

способы придания плитам водостойкости – проклеивание ДВП, пропитка, поверхностная обработка их лакокрасочными и плёночными составами. При этом, для придания водостойкости, применяют химические вещества – гидрофобизаторы, индифферентные к воде, не растворимые и не набухающие в ней. Они создают механический барьер для проникновения в древесные частицы воды, уменьшают скорость смачивания волокна водой, что предотвращает деформацию (набухание) в течение определённого промежутка времени, то есть временно изолирует материал от воздействия внешней среды [6].

Использование фенолформальдегидных смол и карбамидоформальдегидных смол (КФС) позволяет повысить устойчивость плит к влаге, но не снимает проблему смоляных пятен и пригаров [1].

В качестве гидрофобизатора, может быть применён сульфатный лигнин (а.с. 187285, СССР), смола октофор-N. Снизить гидрофильность волокон при одновременном улучшении прочностных плит, возможно при использовании смолы на основе полиизоционатов (а.с. 442952, СССР; а.с.849990, СССР), кремнийорганических соединений (а.с. 905257, СССР; а.с. 103092 СССР), синтетических волокон (а.с. 956686, СССР; а.с. 416253, СССР), нефтеполимерных смол (а.с. 8727800, СССР) и др.

Известны способы придания водостойкости древесноволокнистым плитам с одновременным снижением горючести путём обработки волокнистой массы синтетическими смолами, хлорированными латексами, водорастворимыми антипиренами; пропиткой готовых плит антипиренами и карбамидомеламиновой смолой; обработкой поверхности плит карбамидомеламиновой смолой введением в волокнистую массу минеральных наполнителей [5]. Недостатками вышеуказанных способов является сохранение уровня или снижение водостойкости плит, требуются дополнительные операции – пропитка и сушка плит.

Эффективными модификаторами древесных волокон в производстве ДВП являются составы на основе таллового масла [6]. Однако водостойкость при этом повышается незначительно, требуется применение ненасыщенных жирных кислот с большой молекулярной массой, входящих в состав таллового масла.

В качестве гидрофобного вещества в основном рекомендуется использовать парафин, а также вещества, обладающие гидрофобными свойствами (петролатум, гач, церезин, воски, эфиры жирных кислот, различные кубовые остатки). Парафин обладает наилучшими гидрофобными свойствами и применяется в виде эмульсии или расплава [1, 6].

Известна композиция для изготовления MDF (древесноволокнистые плиты средней плотности от англ. medium density fibreboard), включающая древесное волокно, модифицированную карбамидоформальдегидную смолу аминами (полиэтиленполиамином (ПЭПА) или реагентом ОХН (отходом производства ПЭПА и меламина), отвердитель и гидрофобизатор (парафин). Недостатком данной композиции является слабая технологическая проработка использования ПЭПА и высокие затраты по использованию меламина. При этом постоянная водостойкость не достигается.

Изучена возможность получения ДВП, обладающих длительной гидрофобностью [4]. Недостатком данного способа является дополнительная техническая операция – нанесение модифицирующего состава на поверхность ДВП с последующей термообработкой, что значительно повышает затраты на производство продукции.

Возможен способ придания влагостойкости (гидрофобизации) с использованием неполярных углеводородов (парафины, гачи) в виде тонкодисперсных эмульсий (суспензий) на основе парафина [3]. Недостатком способа является придание плитам только временной водостойкости.

Приводится способ гидрофобизации древесных материалов с использованием парафинового нефтяного воска в виде нанодисперсии [2]. Недостатком способа является получение только временной влагостойкости древесных плит, требуется специальное оборудование для подготовки нанодисперсии.

Задачей настоящей работы является придание плитам MDF постоянной водостойкости и снижение содержания свободного формальдегида.

Указанная задача решается введением в известную композицию, включающую древесное волокно, карбамидоформальдегидную смолу, отвердитель, парафин и карбамид, гидрофобизирующую жидкость в количестве 0,1...0,5 % от массы абс. сух. волокна.

Гидрофобизирующая жидкость представляет собой водный раствор на основе кремнеорганических олигомеров – алкилсиликонаты с массовой долей активного вещества 55...58 %. Хорошо смешивается со смолой, не снижает скорость и степень отверждения КФС, обеспечивая при этом постоянную водостойкость.

При нанесении на обрабатываемые волокна древесины алкилсиликонаты кальция разлагаются под действием присутствующей в воздушной среде углекислоты, с образованием алкилсилантриолов и полисилооксанов. Образовавшиеся соединения взаимодействуют с отвердителем КФС, окисями и гидроокисями входящими в их состав и подвергаются под их действием дальнейшей поликонденсации с образованием на поверхности волокон нерастворимой водоотталкивающей плёнки. Алкилсиликонаты химически связываются также с солями, входящими в состав древесного волокна. Преимущества алкилсиликонатов перед другими гидрофобизаторами заключается в том, что их применяют в виде водных растворов, они не имеют запаха и достаточно дешёвы.

Расход гидрофобизирующей жидкости, определённый на основании исследований составляет 0,1...0,5 % к абс. сух. волокну, оптимальный расход – 0,3 %. Композицию готовят следующим образом. Окрашенное древесное волокно смешивают со связующим, парафином, карбамидом. Проклеенную массу сушат до влажности 10,0...10,2 %. Добавляют гидрофобизирующую жидкость после чего формируют древесноволокнистый ковёр и осуществляют его горячее прессование. Результаты физико-механических испытаний плит, изготовленных в промышленных условиях приведены в таблице.

Таблица – Физико-механические показатели плит

Пример	Количество вводимых добавок, масс. %				Физико-механические показатели плит					
	КФС	Отвердитель	Парафин	Гидрофобизирующая жидкость	Прочность, Н/мм ²		Опция 1	Опция 2	Содержание формальдегида, мг/100 г абс. сух. п.	Примечание
					изгиб	при поперечном растяжении				
1	10,3	0,1	1,0	0,1	33,32	0,72	15,6	0,17	6,91	приемлемо
2	10,3	0,1	1,0	0,2	38,23	0,88	13,8	0,21	6,84	приемлемо
3*	10,3	0,1	1,0	0,3	41,65	0,98	13,6	0,24	6,79	приемлемо
4	10,3	0,1	1,0	0,4	41,32	0,92	14,6	0,22	6,73	приемлемо
5	10,3	0,1	1,0	0,5	35,12	0,84	15,3	0,18	6,78	неприемлемо
6	10,5	0,15	1,0	0,1	34,07	0,80	14,7	0,20	7,34	приемлемо
7	10,5	0,15	1,0	0,2	39,04	0,82	14,8	0,22	7,28	приемлемо
8	10,5	0,15	1,0	0,3	37,89	0,89	14,4	0,24	7,25	приемлемо
9	10,5	0,15	1,0	0,4	41,85	0,84	14,9	0,20	7,23	приемлемо
10	10,5	0,15	1,0	0,5	37,16	0,87	15,0	0,23	7,17	приемлемо
Прототип	10,3	0,10	1,0	0	40,20	0,75	27,0	0,06	7,80	–

Примечание: опция 1 – разбухание толщины после циклического теста, %; опция 2 – прочность на поперечное растяжение после циклического теста, Н/мм² EN 321; * – толщина плит MDF 18 мм

Анализ данных, приведённых в таблице, показывает, что по сравнению с прототипом, не значительно, но уменьшается содержание свободного формальдегида в плитах, физико-механические показатели плит улучшаются. Применение предлагаемой композиции повышает водостойкость плит. Рекомендуемый расход гидрофобизирующей жидкости составляет 0,3 % к абс. сух. волокну (пример 3).

Таким образом, включение в композицию гидрофобизирующей жидкости позволяет получить постоянную водостойкость MDF, что приводит к увеличению срока эксплуатации плит и расширяет область их применения (использования). Предлагаемая композиция для MDF сухого способа производства прошла промышленную проверку в цехе MDF ОАО «Витебскдрев», начато её промышленное производство и реализация полученной водостойкой плиты. Получен сертификат соответствия на плиту MDF.Н водостойкую.

Литература:

1. Бекетов В.Д., Обседшевская Г.Н. Развитие сухого способа производства древесноволокнистых плит за рубежом: Обзор инф. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1979. – С. 1-40.

2. Богачев Д.А. Перспективы применения восковых нанодисперсий для гидрофобизации древесных материалов // Состояние и перспективы развития производства древесных плит / Под ред. Гнутовой Е.П.: сборник докладов 19-й

международной науч.-прак. конф. 16-17 марта 2016 г. – Балабаново, 2016. – С. 127-131.

3. *Гаврилюк С.Ф., Галкин П.В.* Гидрофобизация древесных плит парафиновой эмульсией «Эрговакс-60» // *Древесные плиты: теория и практика* / Под. ред. Леоновича А.А.: 12-я Междунар. науч.-прак. конф., 18-19 марта 2009 г. – СПб, 2009. – С. 178-179.

4. *Гамова И.А., Царев Г.И., Просвирин И.А.* Композиция таллового масла и полиизоцианатов для водостойких ДВП // *Древесные плиты: теория и практика* / Под. ред. Леоновича А.А.: 8-я Междунар. науч.-прак. конф., 23-24 марта 2005 г. – СПб, 2005. – С. 46-50.

5. *Демченко Н.С.* Производство водостойких и огнеупорных древесных плит / *Древесно-волоконистые плиты* / Труды Всесоюзной науч.-техн. конф. по производству и применению древесно-волоконистых материалов и пластиков, г. Архангельск: Под ред. к.т.н. Б.Д. Богомолова, ГНТК СССР, – М. – 1961. – С. 111-118.

6. *Карасев Е.И., Киселев И.Ю., Мерсов Е.Д., Киселева Г.В.* Водостойкость древесноволокнистых плит: Обзор инф. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1986. – 32 с.

УДК 674.816; 674.055

Перспективные конструктивные разработки оборудования для совершенствования технологии древесных плит

Е.М. Разиньков, Е.В. Кантиева, Т.В. Ефимова

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф.Морозова»*

Приведены перспективные разработки инструмента и оборудования для совершенствования технологии древесных плит. Предложены конструкция смесителя, позволяющая улучшить качество смешивания частиц и уменьшить их доизмельчение; устройство для совмещённого способа сушки и сепарации стружки в производстве древесностружечных плит, уменьшающее производственные площади для выполнения этих операций; конструкция пильного диска для подрезки пласти облицованных древесных плит, улучшающая качество их раскроя на круглопильных станках.

Ключевые слова: древесностружечная плита, смеситель для смешивания стружки со связующим, устройство для сушки и сепарация стружки, пильный диск для подрезки пласти древесных плит.

В настоящее время отечественная промышленность изготавливает в основном плиты по техническим требованиям действующего ГОСТ 10632–2014. Плиты получают из специально изготовленной на стружечных станках игольчатой стружки геометрические размеры которой зависят от слоя плиты (наружные или внутренний) и находятся в пределах, мм: длина 5...15; ширина – 2...5 и толщина 0,25...0,80. Смешивание таких частиц

со связующим осуществляется в быстроходных смесителях барабанного типа моделей ДС-5 или ДС-7. Конструкция таких смесителей такова, что по длине барабана проходит полый вал с закреплёнными на нём лопастями с металлическими лопатками для перемешивания стружечно-клеевой смеси. Частота вращения вала большая и составляет от 770 до 1220 мин⁻¹. Жидкое связующее подаётся под давлением через полый вал и попадает в закреплённые на валу трубки с отверстиями из которых, под действием центробежной силы при быстром вращении вала, вылетает жидкое связующее в виде мелких капель и попадает на стружку. Стружка, в связи с небольшими её размерами, в таких смесителях доизмельчается незначительно. Однако прочность таких плит, особенно при изгибе, низкая и находится в пределах всего 10...11 МПа, в зависимости от марки плиты. Такие плиты используются в основном в производстве мебели внутри помещений.

В зарубежной практике давно изготавливаются плиты из крупноразмерной стружки (плиты OSB), обладающие более высокой прочностью и водостойкостью. Геометрические размеры стружки в таких плитах находятся в пределах, мм: длина 75...150; ширина 10...12 и толщина 0,5...0,8. Предел прочности при изгибе таких плит достигает до 35 МПа, что более чем в 3 раза выше такого показателя плит из игольчатой стружки. Такие плиты успешно используются в строительстве, в основном в малоэтажном домостроении.

В настоящее время осваивается производство таких плит и в России. Однако смешивать крупноразмерную стружку в отечественных быстроходных смесителях указанных выше моделей нельзя в связи с её значительным доизмельчением.

Предложен смеситель непрерывного действия [1], состоящий из корпуса с загрузочным и разгрузочным окнами, лопастным валом и пустотелым валом с закреплённым на нём диском с равномерно размещёнными по торцевой поверхности и равноудалёнными от неё форсунками для распыления связующего. Недостатком данной конструкции является доизмельчение стружки, связанное с большой угловой скоростью длинных лопастей центрального вала.

Предложено также устройство для смешивания древесных частиц со связующим [2] состоящее из корпуса с загрузочным и выгрузочным люками, внутри которого расположен центральный вал с лопастями. Центральный вал выполнен полым и снабжён форсунками для ввода связующего. Внутри вала смонтировано устройство для автоматического поворота лопастей. Принято за прототип.

Недостатком данного устройства является низкое качество осмоления древесных частиц. Подаваемое через центральный полый вал под давлением связующее не выбрасывается свободно из отверстий трубок, даже под действием центробежной силы за счёт вращения вала, а льётся по поверхности трубок, в результате чего отверстия трубок забиваются древесными частицами, снижая тем самым площадь осмоления и увеличивая продолжительность смешивания стружки со связующим. Кроме того, лопасти центрального вала выполнены длинными, вследствие чего они двигают стружку, расположенную в

виде кольца, по кругу, не вынося её в зону осмоления, что также снижает площадь осмоления древесных частиц и увеличивает продолжительность смешивания стружки со связующим.

Процесс сушки древесных частиц (стружки) в производстве ДСП производится, в основном, в сушилках фирмы «Прогресс», которые представляют собой вращающийся барабан длиной 6...14 м и диаметром 1...2,8 м [8]. С целью большего заполнения стружкой объёма барабана он устанавливается под отрицательным углом наклона 2...3°. Сушка стружки производится смесью топочных газов с воздухом, поступающих напрямую в барабан, где газоздушная смесь своим напором перемещает стружку к участку выгрузки. Отбор стружки осуществляется пневмотранспортной системой. Сушильный барабан имеет вид цилиндрической формы с негладкой внутренней поверхностью, на которой расположены жёстко закреплённые насадки, предназначенные для подачи стружки в барабан, перемешивания и равномерного распределения стружки по сечению барабана.

Высушенная до влажности 3...5 % стружка поступает на сепарацию (сортировку) для разделения её по фракциям, каждая из которых связана с геометрическими размерами стружки. Эта операция обычно осуществляется в ситовых сортировках. В этих сортировках стружка разделяется в основном по длине и ширине в соответствии с диаметром отверстий или размером ячеек сит. При сортировке стружка, оставшаяся на верхнем сите, удаляется и подаётся на доизмельчение, пыль остаётся на поддоне и также удаляется. Кондиционная стружка поступает в технологический поток. Оба этих участка (сушки и сортировки стружки) работают автономно, занимают большие производственные площади.

При раскрое облицованных древесных плит на детали на форматно-обрезных станках одним из основных дефектов является образование сколов, особенно на нижней пласти плит. В настоящее время современные форматно-обрезные станки оборудованы двумя пильными дисками, один из которых является подрезным. Подрезной диск обычно имеет меньший диаметр и располагается внизу. Он производит пропилов на небольшую глубину. Верхний диск, большего диаметра, располагается сверху и следует вслед за нижним, обеспечивая окончательный пропил. Такой способ раскроя древесных плит, особенно облицованных плёнками, шпоном, пластиком и другими материалами позволяет снизить образование сколов, однако в недостаточной мере. Авторами [4] предложен диск для резания древесины, включающий корпус с размещёнными по его периметру дисковыми ножами с клиновидной заточкой, попарно установленными на осях коромысел. Коромысла шарнирно закреплены в корпусе и подпружинены в плоскости резания пружинами. Качество поверхности резания достигается за счёт стабильного осциллирующего движения пары дисковых ножей вдоль плоскости резания. Пружины предохраняют дисковые ножи от поломок.

Недостатком резания таким диском является то, что конструкция пилы является достаточно сложной, что затрудняет её использование на практике.

Резание древесины такой пилой ведёт к потемнению древесины в зоне резания из-за большого трения пилы о древесину, вызывающего нагрев корпуса диска.

ГОСТ 9769–79 предусматривает конструкцию пилы дисковой с твёрдосплавными пластинами для подрезки пласти облицованных древесных плит, включающую корпус с посадочным отверстием под диаметр вала и режущими кромками. Режущие кромки представляют собой зубья с режущими пластинами, выполненными путём четырёхсторонней заточки пластин на заточных станках с соблюдением требований угловых параметров: главного заднего угла, переднего угла и двух вспомогательных углов в плане. Недостаток пиления такой пилой заключается в образовании сколов облицовки из-за широкой главной режущей кромки пластин зубьев пил, формирующей ширину пропила, а также дополнительного давления на облицовку очередного снимаемого пилой слоя древесной плиты в виде стружки при внедрении пилы в древесную плиту. Кроме того, такая пила имеет большое количество режущих пластин зубьев, требующих четырёхсторонней заточки с точным соблюдением угловых параметров, что существенно усложняет и делает дороже процесс её изготовления.

В пиле дисковой для подрезки пласти облицованных древесных плит, включающей корпус с посадочным отверстием под диаметр вала и режущими кромками, согласно изобретению, корпус имеет две режущие кромки с односторонней заточкой при угле заточки $15...25^\circ$ каждая, формирующие профиль пропила в виде полутрапеции шириной 3...6 мм и глубиной 0,5...1,5 мм в зависимости от толщины облицовки древесной плиты.

Цель работы состояла: в разработке конструкции смесителя для смешивания игольчатой и крупноразмерной стружки для снижения её доизмельчения и повышения качества смешивания со связующим; в разработке способа и конструкции оборудования для совмещения процессов сушки и сортировки стружки в одном устройстве; в разработке конструкции дисковой пилы для подрезки пласти облицованных древесных плит, которая бы исключала образование сколов на пластиях древесных плит при их раскрое на круглопильных станках.

На рис. 1 представлен поперечный разрез предлагаемой конструкции быстроходного смесителя для смешивания крупноразмерной и игольчатой стружки со связующим [4]. Смеситель состоит из корпуса 1 барабана с загрузочным и выгрузочным люками и пяти валов: центрального вала 2, полого вала 5, смещённого от геометрической оси корпуса 1 барабана, и трёх валов 6, расположенных в зоне кольца 9, по которому движется стружечно-клеевая смесь. На центральном валу 2 закреплены короткие лопасти 3 для перемешивания древесных частиц (стружки) со связующим, оснащённые пластичными прорезиненными наклонными лопатками 4, служащими для перемещения стружечно-клеевой смеси к участку выгрузки из смесителя. Полюй вал 5 имеет боковые отверстия, через которые подается связующее. Валы 6, расположенные в зоне кольца 9, по которому движется стружечно-клеевая смесь, оснащены лопастями 7 с лопатками 8 на конце и служат для перемешивания стружки со связующим, перемещения частиц в зону осмоления

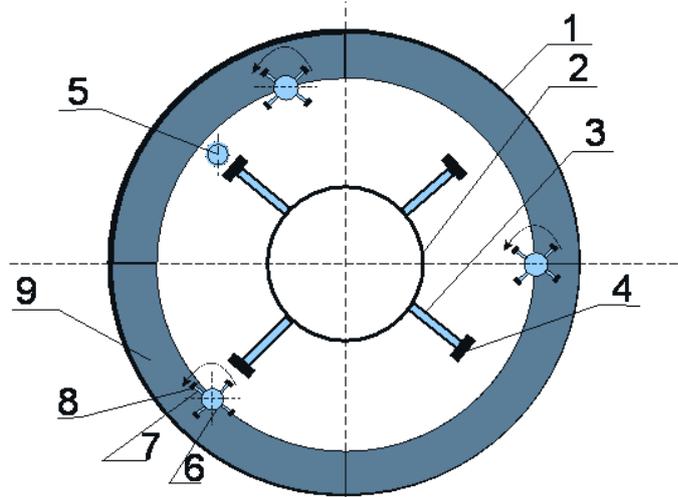


Рис. 1 Поперечный разрез быстроходного смесителя для смешивания стружки со связующим

перемешивание стружки со связующим внутри кольца 9, после чего стружечно-клеевая смесь перемещается лопатками 4 и 8, установленными на концах лопастей 3 и 7 валов 2 и 6 к зоне выгрузки из смесителя.

На кафедре механической технологии древесины Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова изготовлен лабораторный образец смесителя, но с некоторыми конструктивными отклонениями от конструкции рис. 1, хотя с сохранением принципа перемешивания. В этом смесителе полый вал, имеющий отверстия для выброса связующего, смещён относительно центральной оси барабана. Вал расположен так, как показано на рис. 1, поз. 5. Для уменьшения засорения отверстий вала мелкой стружкой или древесной пылью предусмотрены предохранительные заслонки. При частоте вращения вала до 1000 мин^{-1} жидкое связующее выбрасывается из этих отверстий и попадает на стружку. Лопастной вал смещён от центральной оси барабана и оборудован лопастями с эластичными лопатками. В процессе работы смесителя лопастной вал, вращающийся в одном направлении, перемешивая стружку со связующим без динамических ударов за счёт эластичных лопаток, отбрасывает стружечно-клеевую смесь к полому валу в зону осмоления. При этом корпус барабана вращается в другом направлении относительно направления вращения лопастного вала. Результаты экспериментальных исследований, полученные на лабораторном смесителе, показали, что эффект нанесения связующего на стружку достигается не только перемешиванием стружек друг о друга (как в существующих смесителях моделей ДСМ-5 и ДСМ-7), но и в большей мере прямым нанесением связующего на поверхность стружек, что улучшает качество осмоления. При смешивании со связующим стружки её доизмельчение практически отсутствует.

На рис. 2 представлен поперечный разрез конструкции устройства для совмещённой сушки и сепарации стружки в производстве древесно-стружечных плит [5].

и направления стружечно-клеевой смеси к участку выгрузки из смесителя.

Смеситель работает следующим образом. Стружка через загрузочный люк попадает в корпус 1 барабана смесителя, при помощи коротких лопастей 3 центрального вала 2 отбрасывается к внутренней стенке корпуса 1 барабана смесителя и располагается там в виде кольца 9. Через боковые отверстия полого вала 5 подаётся связующее. При помощи лопастей 7, закреплённых на валах 6, осуществляется

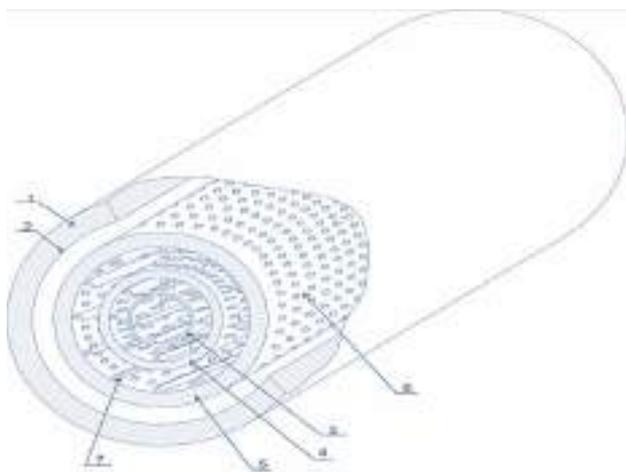


Рис. 2 Поперечный разрез конструкции устройства для сушки и сепарации стружки

частичное просеивание через сито 4 на сито 5, где также происходит сушка стружки и её частичное просеивание через сито. Насадки 7, расположенные на внутренних поверхностях сит, способствуют повышению эффективности сушки и сепарации через сита, а также перемещению стружки к участку её выгрузки из устройства.

Остающаяся на центральном сите 3 стружка является некондиционной (крупной) и после выгрузки её из устройства подлежит доизмельчению. Стружка, остающаяся на гладкой внутренней поверхности барабана 1, представляет собой очень мелкие древесные частицы (пыль) и тоже является некондиционной и в дальнейшем подлежит или сжиганию или частично используется во внутреннем слое плит. Стружка, остающаяся на 4 и 5 ситах является кондиционной и используется в технологии плит. В настоящее время работаем над детальной конструкцией такой сушилки-сепарации стружки с целью изготовления лабораторного образца.

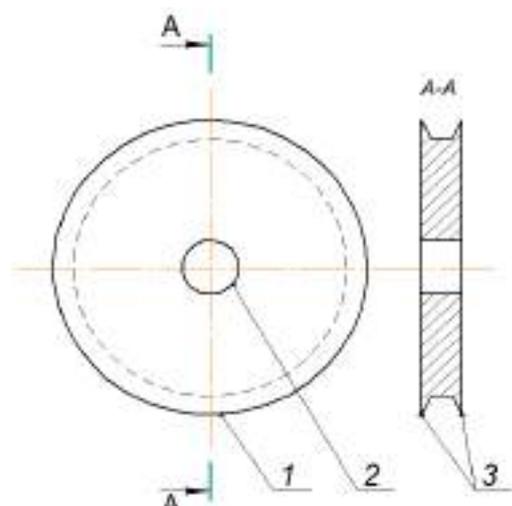


Рис. 3 Общий вид дисковой пилы

работает следующим образом: располагаясь внизу под нижней пластью

Устройство работает следующим образом: влажная стружка подаётся на центральное сито 3 цилиндрической формы малого диаметра, вращающееся вместе с барабаном 1, и под действием напора топочных газов с воздухом перемещается по длине сита, при этом одновременно происходит её сушка и просыпание части стружки на сито 4 большего диаметра, размер отверстий 6 или ячеек в которой имеют меньшую величину, чем в центральном сите 3. Далее, по мере вращения барабана, происходит дальнейшая сушка стружки и её

На рис. 3 представлен общий разработанной нами конструкции дисковой пилы [6]. Пила включает в себя корпус 1 с посадочным отверстием под диаметр вала 2 и двумя режущими кромками 3 с односторонней заточкой при угле заточки 15...25° каждая, формирующими профиль пропила в виде полутрапеции шириной 3...6 мм и глубиной 0,5...1,5 мм в зависимости от толщины облицовки древесной плиты. Пила имеет диаметр 160...200 мм. Пила дисковая для подрезки пласти облицованных древесных плит

древесной плиты, пила обеспечивает 2 реза облицовки за счёт двух режущих кромок 3. Ширина реза между режущими кромками 3 составляет 3...6 мм, что равно ширине пропила древесной плиты основной верхней пилой. Глубина внедрения пилы в древесную плиту составляет 0,5...1,5 мм в зависимости от толщины облицовки древесной плиты.

При такой глубине пропила исключается трение боковых сторон корпуса пилы с раскраиваемым материалом, что не влечёт за собой обугливания кромки материала. Односторонняя (а не двухсторонняя) заточка режущих кромок диска не травмирует облицовку древесной плиты. Такая конструкция пилы исключает необходимость наличия твёрдосплавных пластин зубьев пилы с широкой режущей кромкой, а также многосторонней заточки пластин. Кроме того, при подрезке пласти древесной плиты отсутствует образование стружки, что исключает дополнительное давление на облицовку, в результате чего отсутствует образование сколов на ней.

Выводы:

1. Совершенствование процесса смешивания древесных частиц в технологии древесностружечных плит может идти по пути внедрения разработанной конструкции смесителя, позволяющего улучшить качество смешивания частиц и уменьшить их доизмельчение.

2. Сочетание в одной конструкции устройства сушки и сепарации стружки сокращает производственную площадь цеха.

3. Предложена конструкция дисковой пилы для подрезки пласти облицованных древесных плит, которая практически исключает образование сколов на пластиах древесных плит при их раскрое на круглопильных станках.

Литература:

1. Авторское свидетельство № 481475 СССР МПК В29j 5/02, В01f 5/02 Смеситель непрерывного действия: опубл. 25.08.75

2. Авторское свидетельство № 1713808 СССР МПК В27N 1/02 Устройство для смешивания древесных частиц со связующим»: опубл. 23.02.92

3. *Ивановский В.П., Сенцова Л.В., Власова Л.В.* Диск для резания древесины. А.с. СССР № 1662849; кл. В27В 33/02; опубл. 15.07.1991

4. Патент № 2711617 С1 Российская Федерация, МПК В27N 1/02 Быстроходный смеситель для смешивания древесных частиц со связующим: № 2019114001 : заявл. 6.05.2019 : опубл. 17.01.2020 / Разиньков Е.М., Кантиева Е.В., Мещерякова А.А.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова».

5. Патент № 2752897 С1 Российская Федерация, МПК В07В 9/02, В07В 1/24, F26В 11/06, В27N 1/00 Устройство для сушки и сепарации стружки в производстве древесно-стружечных плит: №2020144066 : заявл. 29.12.2020 : опубл. 11.08.2021 / Разиньков Е.М., Кантиева Е.В., Королева К.А.

6. Патент № 2760410 С1 Пила дисковая для подрезки пласти облицованных древесных плит: №2020144067 : заявл. 29.12.2020 : опубл. 24.11.2021 / Разиньков Е.М., Ефимова Т.В., Поздняков Е.В., Королева К.А.

Безноско Я.В.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова».

7. Шварцман Г.М., Щедро Д.А. Производство древесно-стружечных плит. Издание 4-е переработанное и дополненное. – М.: «Лесная промышленность», 1987, – С. 146-147.

УДК 691-413

Особенности работы деревообрабатывающей отрасли Республики Беларусь в условиях санкций

Ю.В. Дойлин¹, И.М. Грошев¹, А.Н. Волкович², С.Н. Болачков³

¹ОАО «Витебскдрев»

²Концерн «Беллесбумпром»

³ОАО «Речицадрев»

В статье рассматриваются вопросы, связанные с работой деревообрабатывающей отрасли Республики Беларусь в условиях санкций ЕС, направления работы концерна по реализации продукции на внутреннем и внешних рынках.

Ключевые слова: концерн, рынки сбыта, Государственная программа, мероприятия, холдинг, изделия из древесины, целлюлозно-бумажная продукция, производственные отходы, кластер, инвестиционные проекты, лесопромышленный сектор, стратегические цели.

Деревообрабатывающая промышленность Республики Беларусь – составная часть лесного комплекса страны и составляет около 2 % всего производства обрабатывающей промышленности. Занимается переработкой древесины и производством изделий из древесины строительного назначения, мебели, товаров хозяйственного и культурно-бытового назначения, бумаги и картона. При этом даёт более 60 % валовой продукции лесной отрасли. По результатам предыдущей пятилетки, в том числе по результатам реализации государственной программы «Белорусский лес» на 2016 – 2020 гг. доля лесного комплекса в общем объёме экспорта Республики составила 8,4 %. Это одна из эффективных отраслей белорусской экономики со своей сырьевой базой, имеющая значительный экспортный потенциал. В то же время, несмотря на существенные успехи в производстве изделий из древесины, в стране потребность в ряде видов продукции удовлетворялась за счёт импорта.

Производственные мощности предприятий ориентируют на реальный спрос выпускаемой продукции на внешнем и внутреннем рынке, повышение технического уровня действующих мощностей и вывод из эксплуатации избыточных, производство экологически эффективной импортозамещающей продукции, увеличение экспорта на 21...25 % к 2025 г. Выход на полную мощность модернизированных производств в деревообработке и целлюлозно-бумажной промышленности, позволит достигнуть до 60 % (с 42 %) доли продукции глу-

бокой переработки древесины и заменить экспорт древесного сырья продукцией с высокой добавленной стоимостью.

Перед крупными промышленными объединениями и научными организациями отрасли Президентом страны поставлена задача создать центры по разработке новых материалов, в том числе ассортимента древесно-плитной продукции, увеличение экспорта, выход на новые внешние рынки и усиление позиций на традиционных.

В соответствии с поручением Президента Республики Беларусь и протоколом заседания комиссии по вопросам промышленной политики в 2018 году создан центр (лаборатория) по испытаниям ДСП, ДВП, MDF (древесноволокнистые плиты средней плотности от англ. medium density fibreboard) / HDF (древесноволокнистые плиты высокой плотности от англ. high density fiberboard), покрытий напольных ламинированных и соответствующие центры по сертификации, ОНИЛ при УО «БГТУ», ОНИЛ по переработке отходов производства и разработке технологий инновационных материалов на базе УО «БГТУ» и ОАО «Витебскдрев».

В обязательном порядке в реализуемые и проектируемые жилые дома, строительство которых осуществляется в рамках государственного заказа и с государственной поддержкой в соответствии с Перечнем объектов экономических жилых домов высоких потребительских качеств, применяются в качестве напольного покрытия ламинированные панели белорусского производства. Также проектные и строительные организации обязаны использовать для реализации проектов местные виды строительных материалов (ДВП, ДСП, MDF/HDF, строительно-погонажные изделия и другие изделия строительного назначения из древесины).

На предприятиях ЛПК Республики Беларусь производится более 6 % всей продукции промышленности (в странах СНГ от 1 до 4 %). Выход готовой продукции с 1 м³ древесины в Беларуси далёк от оптимального. Например, в Финляндии из 1 м³ древесины производят продукцию на 166 тыс. долларов США, в Республике Беларусь – 73 тыс. долларов США, то есть в 2,2 раза меньше. Один из показателей уровня развития общества – потребление бумаги и картона на душу населения. Оно составляет до 300 кг в развитых странах, в Республике Беларусь – не более 50 кг. Поэтому в Беларуси развивается целлюлозно-бумажное производство и доведение общего количества целлюлозосодержащих полуфабрикатов (древесной массы) до 250 тыс. т в год, что позволит увеличить эффективность ЛПК. Химическая и химико-механическая переработка древесины примерно в 30 раз увеличивает прибыль от использования лесных ресурсов. Более полная переработка древесного сырья экономит лес. Например, 1 м³ ДСП, изготовленных из низкосортной древесины, отходов заготовки и переработки древесного сырья заменяет 3,6 м³ круглого леса, а 1 млн. м³ ДВП мокрого способа производства сохраняет около 300 га леса.

Президент Республики Беларусь на совещании в октябре 2021 г. отметил, что целлюлозно-бумажная и деревообрабатывающая промышленность – важнейшая стратегическая отрасль экономики страны. Рациональное использование лесных ресурсов, их глубокая переработка в готовый продукт с высокой

добавленной стоимостью – основные приоритеты отрасли. Для реализации проведена модернизация базовых деревообрабатывающих предприятий и ЦБК концерна «Беллесбумпром». Результат этого – увеличение объёма переработки деловой древесины (с 10 до 15,7 млн. м³). Доля в общем экспорте Республики Беларусь увеличилась в 1,6 раз (с 4,2 до 6,9 %). Глубина переработки древесины достигла почти 93 % с 38 % в 2006 г.

В числе приоритетных задач отрасли – уход от экспорта полуфабрикатов из древесины (целлюлоза и др.), наращивание экспорта продукции глубокой переработки (мебель, древесные плиты, бумага и картон, деревянные дома, строительных конструкций, окон, дверей, лесохимической продукции). Совместно с Китаем создаётся инновационное предприятие по выпуску пиролизных пеллет и глюкозы из древесины на территории индустриального парка «Великий камень». Это будет 2-ое такое предприятие в мире, но более мощное и эффективное по потребительским свойствам пиролизных пеллет.

В перспективе – уход от импорта твёрдолиственной древесины (берёза, дуб), восстановление площади дубовых насаждений и культивирование сосны как основополагающей породы хвойных насаждений и как наиболее востребованной древесины для переработки [4]. Немаловажное значение придаётся использованию отходов деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных производств. Годовой объём их составляет ≈ 3 млн. м³.

19.02.2021 г. создан и функционирует деревообрабатывающий кластер при свободной экономической зоне «Витебск», который объединяет около 20 лесозаготовительных, деревообрабатывающих предприятий, ВУЗы и ССУЗы.

3 марта 2021 года Александр Лукашенко подписал Указ №78 «О создании и деятельности деревообрабатывающего холдинга» – управляющая компания деревообрабатывающего холдинга «BYSPAN», включающего 10 производственных предприятий, во главе с ОАО «Ивацевичидрев». Холдинг организаций деревообрабатывающей промышленности BYSPAN – объединение крупнейших производителей древесных материалов в Республике Беларусь с годовым оборотом холдинга 30 млн. долларов; 50 стран – география продаж; 10 тыс. человек работают на предприятиях холдинга; 3 млн. м³ перерабатывается древесины в год. Продукция: MDF/HDF, ДСП, ДВП; ИДВП; мебель, фанера, ламинированные напольные покрытия; пиломатериалы и изделия погонажные; спички; брикеты топливные; синтетические смолы на основе формальдегида и др. В Республике Беларусь функционируют 16 совместных и иностранных предприятий деревообработки, которые производят пиломатериалы, картон, мебель, древесные плиты, карбамидоформальдегидные смолы и другие товары.

Указом Президента Республики Беларусь от 18 октября 2007 г., № 529 «О некоторых мерах по развитию деревообрабатывающей промышленности» определено проведение работ по созданию (строительству), техническому перевооружению, модернизации и реконструкции производства базовых организаций. Цель реализации инвестиционных проектов – создание эффективных и современных деревообрабатывающих производств, обеспечивающих комплексное и рациональное использование древесины, задействование и сохранение ресурсного и кадрового потенциала для освоения выпуска конкурентоспособ-

ной экспортоориентированной продукции.

Объёмы производства предприятий концерна «Беллесбумпром» за 2021 год:

- фанера клееная – 299,3 тыс. м³;
- древесностружечные плиты – 608,8 тыс. м³;
- древесноволокнистые плиты – 144,8 млн. усл. м²;
- мебель – 575,5 млн. руб.;
- карбамидоформальдегидные смолы – 112,2 тыс. т;
- меламинакарбамидоформальдегидные смолы – 864 т.

Смола используется в основном для собственного производства. Реализовано чуть более 19 тыс. т. Частично смола, в том числе изоционатная, импортируется. Производство смол на основе формальдегида и фенола освоено в г. Могилеве (Кронохем).

Основной документ, формирующий общие направления развития лесного комплекса Республики Беларусь, в который входит и деревообрабатывающая отрасль – Государственная программа «Белорусский лес» и программа развития деревообрабатывающего и мебельного производства концерна «Беллесбумпром». Они разработаны в развитие программы социально-экономического развития республики и предусматривают следующие основные направления развития лесного комплекса:

- устойчивое рациональное и многоцелевое лесопользование;
- развитие отраслей с глубокой переработкой древесины и производством продукции с высокой добавленной стоимостью;
- соблюдение высоких стандартов качества и экологичности.

Промышленная политика лесопромышленного сектора в целом строится на наличии собственных древесных ресурсов и их эффективном использовании внутри страны. Стратегическая цель – переработать имеющийся запас сырья на предприятиях в Беларуси и обеспечить реализацию продукции с высокой добавленной стоимостью [1, 2]. Две трети продукции предприятий деревообработки поставляется на экспорт. Экспортная география включала до введения санкций 69 стран. Основные рынки сбыта – Россия, Польша, Украина, Китай, Литва, Германия. Стоит отметить, что наибольшую рентабельность при экспорте продукции концерн получает на рынках соседних стран. «Длинная» логистика, как, к примеру, в Китай, серьёзно снижает рентабельность.

Модернизация деревоперерабатывающих и целлюлозно-бумажных производств позволило концерну расширить ассортиментный перечень до 80 видов. 50 производственных продуктов включены в отраслевую программу развития импортозамещения в целях обеспечения потребностей внутреннего рынка – целлюлоза, MDF, картон, бумага и изделия из них. По итогам первого полугодия 2022 г. выпуск импортозамещающей продукции увеличен на 46 % по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. Примером действенности импортозамещения является целлюлозно-бумажная отрасль, увеличившая потребление целлюлозы на внутреннем рынке в четыре раза (с 20 % до 80 %) при устойчивом спросе и реализации на внешних рынках различных отраслей. При этом обеспечивается комплексная переработка сырья и материалов. В 2021 г. на

внешние рынки поставлено около 80 % объёма выпускаемой продукции, за первое полугодие 2022 г. – 70 %.

Отмена действия европейских лесных сертификатов на продукцию деревообработки, санкции в отношении ряда товаров, проблемы с доставкой грузов отрицательно влияют на работу отрасли. В целях разрешения данных вопросов концерном «Беллесбумпром» разработаны мероприятия противодействия введённым санкциям и выходу на новые рынки. Во главе угла – реализация производимой продукции в дальнее и ближнее зарубежье, наращивание сбыта продукции на альтернативных рынках Азии, Ближнего Востока и Африки и традиционных рынках СНГ и ЕАЭС. Объём экспорта отрасли в страны СНГ за первое полугодие 2022 г. составил 50,7 %, в 2021 г. за аналогичный период – 46,5 %. Структура экспорта: древесные плиты – 23 %, бумага и картон – 23 %, мебель – 17 %, фанера – 13 %, целлюлоза – 9 %. Ключевым для концерна остаётся рынок Российской Федерации. В 2021 году в Россию предприятиями отрасли было поставлено 29,6 % объёма годового экспорта. Темп к 2020 году 147,8 %. За первое полугодие 2022 г. поставлено продукции в 1,5 раза больше аналогичного периода 2021 г. Продукция поставляется в 67 регионов России. Основные товарные позиции – бумага и картон, древесные плиты и мебель. Объёмы поставок по ним вырос в 1,2...2,0 раза. В то же время мы импортируем из России сырьё и материалы для отрасли, которые не выпускаются в Республике Беларусь или имеют необходимые нам потребительские качества. В первом полугодии 2022 года объём внешней торговли с Россией вырос к уровню 2021 г. на 45 %. Основными задачами в настоящее время для отрасли являются устойчивое функционирование производств, диверсификация экспорта, решение логистических проблем, расширение продаж на внутреннем рынке [3].

Особую тревогу отрасли вызывает поставка оригинальных запасных частей для эксплуатируемого импортного технологического оборудования из-за санкционной политики недружественных стран. Предприятия отрасли ведут активную работу по импортозамещению, направленную на поиск альтернативных поставщиков, замене запасных частей на аналоги, изготовлению их собственными силами, в России и Китае. Химическое сырьё и материалы, в том числе аналоги, приобретаются в Китае, России, Турции, ряде компаний Германии и Италии, которые не ограничивают поставки из-за введённых санкций. Деревоперерабатывающий инструмент изготавливается в Российской Федерации. Закупка технических жидкостей переориентирована на китайские и российские аналоги. Приобретение катализатора и керамических колец для производства синтетических смол осуществляется также в Китае. Таким образом, импортозамещение позволяет снизить себестоимость готовой продукции и повысить её конкурентоспособность на рынке.

Одним из основных мероприятий по реализации плитной продукции и мебели является увеличение доли присутствия предприятий концерна на азиатском, российском и турецком рынках. В целях наращивания объёмов и диверсификации экспорта производимой продукции и сотрудничества с зарубежными странами концерн на постоянной основе принимает участие в международных ярмарочно-выставочных мероприятиях. Участие в международных вы-

ставках позволяет предприятиям концерна видеть перспективы производства, продемонстрировать конкурентные достоинства продукции, работать с новыми партнёрами, определить выгодную клиентскую аудиторию.

Стратегические цели развития отрасли на период до 2025 года:

– создание устойчивого, экономически эффективного, конкурентоспособного, целлюлозно-бумажного, деревообрабатывающего и мебельного комплекса;

– производство продукции, соответствующей по качественным параметрам мировым стандартам;

– наращивание экспортного потенциала;

– создание высокопроизводительных рабочих мест.

При этом среди основных приоритетов развития отрасли можно выделить:

– сохранение и укрепление трудовых коллективов;

– стимулирование инвестиционной активности;

– повышение эффективности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию новых видов продукции, стандартизация наиболее успешных решений;

– формирование «зелёной» экономики, базирующейся на энергосбережении, внедрении экологичных и эффективных технологий производства.

Литература:

1. Государственная программа «Белорусский лес» на 2016 – 2020 гг. (в ред. Постановлений Совета Министров на 2021 – 2025 гг. Республика Беларусь от 20.12.2016, №1048 от 20.12.2017г., №975);

2. Программа развития деревообрабатывающего и мебельного производства концерна «Беллесбумпром» на период до 2025 года. Минск, 2020 г. / <http://bellesbumprom.by/ru/dokumenty/programmy>.

3. *Пшениный А.А.* «Безотходное производство» // Производственно-практический журнал «Экономика Беларуси. ECONOMY OF BELARUS» – 2022 г. – №3(72). – С. 47-51.

4. Woodworking news (новости деревообработки) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.belta.by>.

УДК 674

Направления обеспечения безопасности древесных плит, фанеры и мебели

В.А. Бардонов

ООО ЦСЛ «Лессертика»

Сообщается о содержании пяти глав книги, изданной в 2022 г. в Балабаново издательством Ваша Реклама. Содержит правила сертификации продукции, опыт повышения экологической безопасности и содержание обучения.

Ключевые слова: древесные плиты, фанера, мебель, экологическая безопасность.

Книга [1] посвящена решению проблем создания, внедрения и совершенствования систем управления качеством продукции, включая опыт внедрения систем менеджмента качества на основе международных стандартов ISO серии 9000 на предприятиях деревообрабатывающей промышленности и мебельного производства. В книге представлены результаты одного из инициаторов и автора разработки более 35 межгосударственных стандартов (ГОСТ) на древесные материалы классов эмиссии формальдегида E0,5, E1, E2, обеспечивающих применение продукции в различных сферах народного хозяйства. В книге приведены результаты исследований и практический опыт создания и внедрения лабораторного оборудования по определению миграции формальдегида из древесных материалов и мебели. Отражена деятельность автора в создании, регистрации и эксплуатации «Системы добровольной сертификации лесопромышленной продукции ЛесСерт», а также в создании и лицензировании «Центра дополнительного профессионального образования» и его востребованности предприятиями отрасли. Авторский подход обогащён непосредственным знакомством с международным и отечественным опытом решения проблем качества на стадии сотрудничества с институтом исследования древесины WKI (Германия) и фирмой ИКЕА (Швеция) и многолетним сотрудничеством с Российской академией проблем качества.

Книга написана в доступной форме, рассчитана на практических работников, специалистов в области стандартизации, сертификации и обеспечения качества продукции предприятий деревообрабатывающей промышленности и мебельного производства. Может служить учебным пособием при дополнительном профессиональном образовании специалистов предприятий отрасли.

Особый интерес для специалистов отрасли может представить содержание глав книги, в том числе:

Глава 1 «Стандартизация технических требований в области продукции деревообрабатывающей промышленности и мебельного производства» содержит описание следующих разделов:

- уровень гармонизации новых межгосударственных и национальных стандартов в области продукции деревообрабатывающей промышленности и мебельного производства с аналогичными стандартами ISO и EN;

- специфика внедрения новых межгосударственных стандартов на древесностружечные плиты, включая плиты OSB (ориентировано-стружечные плиты от англ. oriented strand board);

- особенности выбора и применения новых межгосударственных стандартов на древесноволокнистые плиты сухого и мокрого способов производства;

- результаты стандартизации методов испытаний токсичности древесных плит, фанеры и мебели;

- стандартизация общетехнических требований к заготовкам и деталям из древесины и древесных материалов;

- внедрение наилучших доступных технологий в стандартизации требований химической безопасности древесных материалов и мебели.

Глава 2 «Правила сертификация лесопромышленной продукции» содержит описание следующих разделов:

- о создании и введении систем сертификации;
- система добровольной сертификации лесопромышленной продукции – ЛесСерт;
- перечень продукции деревообрабатывающей промышленности, подлежащей декларированию;
- требования к Органам по сертификации продукции;
- требования к аккредитованным испытательным лабораториям;
- условия признания протоколов испытаний аккредитованной лаборатории за рубежом;
- исследование зависимости результатов физико-механических испытаний образцов древесных материалов между стандартизованным методом по EN 13986:2015 и методом заводского производственного контроля по EN 326-2:2000;
- подготовка фанерных и плитных предприятий к выпуску продукции класса эмиссии формальдегида E0,5 по европейским требованиям.

Глава 3 «Опыт обеспечения экологической безопасности древесных плит, фанеры и мебели» содержит описание следующих разделов:

- состояние токсичности древесных плит, фанеры и мебели на современном этапе развития производства;
- характеристика новых видов лабораторного оборудования по определению выделения формальдегида и других вредных летучих химических веществ из древесных материалов и мебели;
- механизм кондиционирования образцов древесных плит и фанеры;
- преимущества и недостатки методов определения миграции формальдегида и других вредных летучих химических веществ из фанеры и древесных плит;
- управление радиационной безопасностью древесных плит, фанеры и мебели;
- требования международных и региональных стандартов по содержанию и определению миграции формальдегида из древесных плит и фанеры;
- результаты внедрения оборудования фирмы «Лессертика» заводскими лабораториями предприятий древесных плит и фанеры.

Глава 4 «Системы менеджмента качества предприятий деревообрабатывающей промышленности и мебельного производства» содержит описание следующих разделов:

- краткая история создания и внедрения систем управления качеством продукции;
- структура бизнес-процессов системы менеджмента качества;
- пример построения бизнес-процесса производства фанеры;
- процесс управления рисками при подтверждении соответствия древесных плит, фанеры и мебели;
- оптимальный перечень документов системы менеджмента качества предприятия по производству древесных плит, фанеры и мебели по требованиям ГОСТ Р ИСО 9001–2015;

– результаты внедрения систем менеджмента качества на предприятиях деревообрабатывающей промышленности и мебельного производства. Ретроаспект;

– логистика – процесс оптимизации финансовых и товарных потоков в системе менеджмента.

Глава 5 «Опыт проведения дистанционного и очного обучения, повышения квалификации и аттестации специалистов деревообрабатывающих предприятий» содержит описание следующих разделов:

– требования федеральных законов в области повышения квалификации персонала;

– состояние и перспективы обучения и повышения квалификации специалистов заводских лабораторий;

– характеристика программ дистанционного и очного обучения специалистов предприятий;

– практика обучения и аттестации специалистов заводских лабораторий и отделов управления качеством предприятий деревообрабатывающей промышленности.

Книга содержит приложения для практического применения при повышении квалификации специалистами предприятий по производству древесных плит и фанеры, поставляющих продукцию на экспорт.

Книга передаётся без оплаты предприятиям, которые заключают договоры с ООО «Лессертика» по испытаниям, сертификации и декларированию продукции.

Литература:

1. Бардонов В.А. Опыт обеспечения безопасности древесных плит, фанеры и мебели. – Балабаново. Ваша Реклама. 2022. – 400 с.

УДК 674.81

Аспекты модернизации древесноплитного производства

А.А. Леонович¹, А.К. Никитин²

¹*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
им. С. М. Кирова*

²*ООО «НЕВА – ПРОЕКТ»*

Предлагается для маломощных предприятий с целью сохранения их функционирования перейти путём модернизации на выпуск продукции специального назначения как имеющей ещё пока ограниченный спрос, а именно: огне- и биозащищённых и водостойких плит для судо- и вагоностроения, для сооружения объектов, служба которых предполагается во влажных и температуропеременных режимах. Содержится информация об организации проектных работ с использованием инженерного консалтинга.

Ключевые слова: модернизация маломощных линий, жизненный цикл предприятия древесных плит, производство огне-, биостойких древесных плит, инженерный консалтинг.

На состоявшемся 10 февраля 2023 г. в Архангельской области совещании по развитию лесопромышленной отрасли Президент РФ озвучил ряд поручений по мерам, направленным на поддержку лесопромышленного комплекса, в том числе стимулирования внутреннего спроса на продукцию деревообработки отрасли. В настоящее время лесная промышленность столкнулась с серьёзными вызовами: санкции, закрытие части зарубежных рынков, угроза ухода ряда производств, контролируемых зарубежными инвесторами, нарушение поставок оборудования, запчастей, расходных материалов и тому подобное, в целом ухудшение конъюнктуры рынка деревообработки и как результат снижение производства в отрасли.

В то же время потребление плит из древесных материалов характеризуется устойчивым ростом, за последние годы производители нарастили производство всех видов плит до рекордных объёмов с 1998 г., доведя выпуск в 2022 г. до 42 млн м³. Ажиотажный спрос на продукцию отрасли, повышение цен не испугали потребителей. Найти нужную продукцию в свободном доступе подчас проблематично, особенно это относится к плитам со специальными свойствами.

Рынок плит обладает высокой капиталоемкостью. Правильная своевременная организация процесса производства способна явиться серьёзным катализатором и иметь мультипликационный эффект для сопряженных отраслей лесопромышленности. Всё это заставляет активизировать внутренние резервы, а именно освоение и внедрение отечественных технологических разработок в производстве плит из древесных материалов со специальными свойствами для использования в различных условиях с соблюдением требований безопасности.

В этой связи мы рассмотрели жизненный цикл предприятий и возможности их модернизации в двух аспектах, чтобы повысить производительность действующих технологических линий и чтобы организовать выпуск новой продукции с добавленной стоимостью за счёт видов древесных плит [1, 5], потребность в которых диктуется расширением областей их применения и потребностью рынка с ориентацией на расширение сырьевой базы [2].

В первую очередь объектом модернизации должны стать действующие предприятия и тот ресурс, который сохраняется у основных производственных линии. Объём производства (Q) по жизненному циклу (τ) отдельного предприятия закономерно колеблется (рис. 1).

На первом периоде с момента пуска технологической линии растёт объём выпуска плит в направлении запланированного. Освоение достигает планового (1), далее по завершении контракта с фирмой функционирование линии обеспечивается силами персонала предприятия. Случайный отказ отдельных узлов оборудования и поломки снижают уровень выпуска продукции, но накопление опыта и внутренние резервы исправляют ситуацию (2-3).

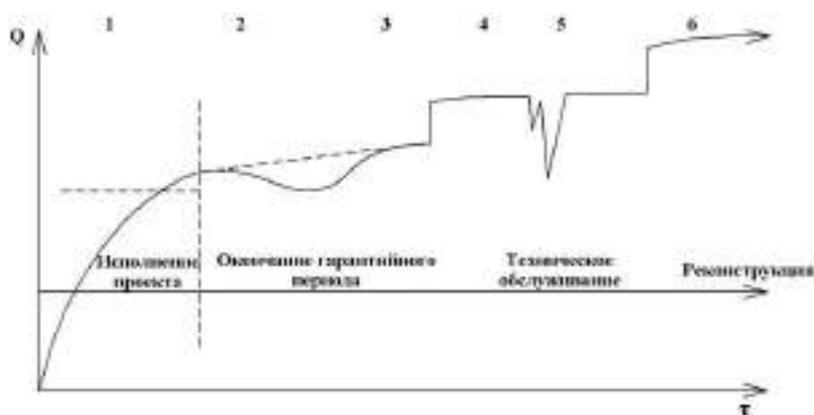


Рис. 1. Жизненный цикл предприятия по производству древесных плит (обозначение позиций – в тексте)

реагенты, изменение конъюнктуры и тому подобное), снижается маржинальный запас прочности (5). В этих условиях принимается решение о реконструкции либо даже ликвидации технологической линии. Так, за последнее время были выведены из эксплуатации ряд предприятий с устаревшим малопродуктивным оборудованием. От выбора решения (6) зависит будущее предприятия. Если предприятие выбирает выпуск традиционных видов продукции, ограничивается неким минимумом затрат, ближайшая перспектива становится проблематичной. В случае правильного понимания конъюнктуры на длительный период и выбор диверсификационного варианта с некоторой линейкой продукции затраты возрастают, но и устойчивость проекта сильно увеличивается.

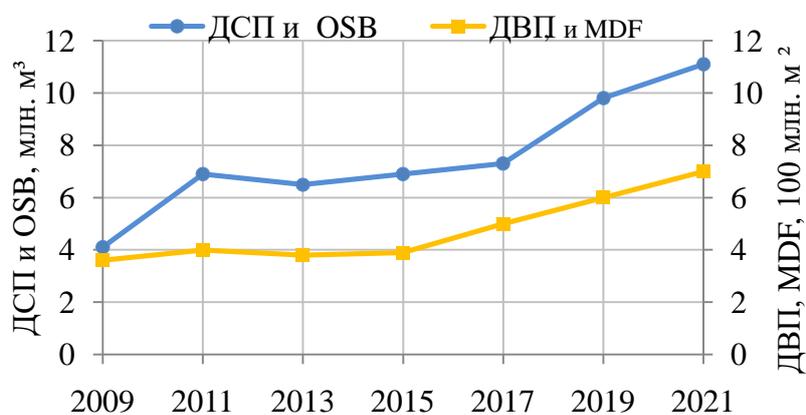


Рис. 2. Изменение объемов производства древесных плит в России за период 2009-2021 гг.

Характерные участки изменения общей тенденции объема выпуска плитной продукции объясняют остановкой маломощных предприятий, падением курса рубля, освоением новых видов продукции (MDF и OSB), приходом на рынок крупных зарубежных фирм и созданием заводов большой мощности с использованием прессов непрерывного действия, концентрацией производства с формированием мегапредприятий, выпускающих широкий спектр плит и полуфабрикатов из них. Эти этапы обуславливают ломаный характер кривых, но с общей тенденцией последнего времени с ростом выпуска [6, 7].

Тем не менее, остаются маломощные технологические линии по географической удалённости потребителей. Выживание их возможно ещё и потому, что некоторые области потребления плит из-за специальных характеристик не относятся к крупнотоннажным. Мощным предприятием не имеет смысл выпускать такую продукцию. Однако уровень общего развития подотрасли предопределяет потребность в таких плитах и необходимость модернизации этих маломощных предприятий.

Формально реконструкцию (модернизацию) действующего либо организацию нового производства древесноплитных материалов можно условно разделить на три блока:

Предпроектный. Стратегия и рыночное позиционирование, обоснование (определение) технологических и производственных процессов и продукции, инвестиции;

Проект. Проектно-изыскательские работы, технологическая подготовка, согласования, экономическая эффективность;

Реализация проекта. Строительно-монтажные и пуско-наладочные работы, оборудование, ввод в эксплуатацию, подготовка персонала, управление производственными процессами, внедрение и освоение новых видов продукции.

Рассмотрим наполнение первых двух блоков в той мере, как это имеет место в зависимости от полноты реализации проекта – от реконструкции, модернизации отдельных элементов, до организации производства на «чистом» месте.

Предпроектный. Процесс начинается с осознания инвестором (собственником) изменений в бизнесе, необходимости реконструкции либо нового строительства. Инвестор должен детально представлять все нюансы предстоящей деятельности, понимать влияние результатов работы каждого участника, условия и сложности, риски, общественное мнение, потенциальные действия конкурентов, властей и т.п. Ознакомиться с новейшими разработками, возможностью приобретения права на технические решения, положенные в основу проекта, сделать выбор. Выбрать для себя максимально безопасный и гарантирующий от срывов вариант. По результатам предпроектной работы инвестор должен представлять потенциальную стоимость и сроки реализации проекта, на всём этапе жизненного цикла объекта, прогноз будущих затрат, финансирование проекта, инвестиционный план, гарантирующий оптимальную окупаемость проекта, определение и привлечение инвесторов и партнёров. Важно ориентироваться на создание своего «ноу-хау» в производстве, эксплуатационных параметрах, на рынке потребления. Иногда социальный заказ на новый продукт ещё не определился либо выступает в неявном виде – никто не «застолбил» ещё этот участок. Преимущества реальной перспективы такого продукта в отсутствии нарушения чьих-то авторских прав. Своевременное патентование либо лицензирование «ноу-хау» – надёжное условие для успешного бизнеса.

Проект. Решение вопросов, обеспечивающих функционирование проекта, его конкурентоспособность, сбор исходных данных, выбор и подготовка площадки, изыскания, разработка проекта, получение всех необходимых согласований. Отметим некоторые из них, решаемые в производственной последова-

тельности по мере создания проекта, как-то: инвестор должен выбрать исполнителей, разработать технические задания, заключить договора, осуществлять контроль, оценить и принять в законченном виде результаты работы всех участников проекта. Осуществить аудит и согласование проектной документации в установленном порядке.

Ещё один аспект касается научного компонента в создании проекта. Стремление к быстрой окупаемости проекта не предполагает творческого изучения научно-исследовательских работ или даже участия в их проведении, в силу чего в основу проекта может быть положено не самое сильное решение, но малозатратное.

В частности, промышленная выработка огнезащищённых ДСП марки «Hard flame» на однопоточной линии ЗАО «Плитспичпрома» с подачей раствора антипирена на всю сырую стружку до сортировки её на фракцию наружного слоя и фракцию внутреннего слоя обеспечивало получение плит группы горючести Г2 [3, 8]. Использование установленного оборудования для производства стандартных ДСП упрощало переход на новый вид плит. Испытания образцов плит в шахтной печи по НПБ 244-97 обнаружили различие в послойном поведении плиты во времени. В первые 7 мин образцы вели себя как соответствующие группе горючести Г1. А оставшиеся 3 мин, когда выгорел наружный слой, как Г2. Изучение удельной свободной поверхностной энергии (УСПЭ) древесных частиц двух слоёв позволило объяснить ход кривой. Оказалось, что УСПЭ частиц наружного слоя плиты в 5 раз выше, чем внутреннего и при совместной обработке общей массы мелкие частицы перенасыщаются антипиреном, а в крупных их недостаточно для Г1. Стало возможным подойти к решению не простым увеличением расхода антипирена с 15 до 25 % для вхождения плит в группу Г1, но разумным сочетанием отдельного уровня обработки. Для этого необходима технологическая линия ДСП с двухпоточной подготовкой древесных частиц, чем достигалось бы сокращение расхода антипирена и повышение качества продукции [4]. В общем случае научное исследование, казалось бы, оторванное от технологии явление, прямо привело к целесообразному изменению технологической схемы и открыло возможность оптимизировать рецептурные параметры.

Реализация проекта. Дальнейший перечень действий достаточно стандартен и является самостоятельным разделом. Разработка рабочей документации, выбор строительно-монтажной организации, технадзор, комплектование оборудованием, пуско-наладочные работы и далее по плану до ввода законченного объекта в эксплуатацию.

В России законодательно и очень детально регламентированы отношения между инвестором и основными участниками строительного процесса, но существующая система, закреплённая нормативными требованиями, при всей своей кажущейся стройности и логичности очень часто не стыкуется с реальной практикой. В центре процесса всегда стоит инвестор с его задачей пройти путь от идеи бизнеса до воплощения, в минимальные сроки за разумные средства, максимально используя доступные технологии и оборудование. Решить перечисленные выше задачи инвестор может своими силами, собрав команду, за-

частую из своих же сотрудников, так называемую дирекцию будущего объекта. Это будут зависимые от инвестора специалисты, которые ради самосохранения будут стараться выполнять всё, что прикажут.

Основная причина недовольства и критики в том, что наши проекты зачастую значительно продолжительнее и дороже зарубежных аналогов. Как ни парадоксально, но это так.

Мы предлагаем использовать опыт международного инженерного сообщества. Процесс организации реконструкции либо строительства нового производства начинать заблаговременно, с момента зарождения у инвестора бизнес-идеи. Инвестор не обязательно должен быть экспертом всех этапов реализации проекта, неизбежно обращение к услугам профессиональных инженеров. Вот здесь, с момента появления бизнес-идеи вплоть до перехода в стадию формирования прибыли, его визави на весь период «жизненного цикла» проекта становится инженер-консультант. Это может быть как физическое лицо, так и компания. Инженер-консультант сопровождает инвестиционный процесс в интересах инвестора, становится его представителем во взаимоотношениях со всеми участниками реализации проекта по широкому кругу взаимосвязанных вопросов проекта, не становясь стороной контракта, в котором главные действующие лица «инвестор-подрядчик». Образуется система, в которой взаимодействие сторон по проекту носит «трёхсторонний» характер: *инвестор – инженер – подрядчик*. Этот подход, абсолютно правильный для бизнеса – условие успешной реализации бизнес-проекта, надёжнее, экономичнее, оперативней. Собственно инвестору предлагается всестороннее инженерное сопровождение инвестиционно-строительного процесса, по сути, получение высокотехнологичных интеллектуальных услуг – инженерный консалтинг. В числе главных приоритетов результатов деятельности инженера-консультанта являются достижение инвестиционных задач, надёжность и безопасность реализуемых технических решений, снижение стоимости и сроков реализации проекта. Сложившаяся практика участия инженера-консультанта в инвестиционных проектах показывает свою целесообразность. Стоимость ПИР, как правило, не превышает 10 % от стоимости СМР. Участие инженера-консультанта увеличивает стоимость ПИР от 2 % до 30...40 %, в зависимости от стоимости СМР, чем больше СМР – тем меньше увеличение стоимости. Экономический эффект по результатам реализации законченного строительством объекта достигает 20 % от СМР.

Заключение. Конъюнктурная ситуация делает целесообразным модернизировать относительно маломощные и ещё функционирующие древесноплитные предприятия, в некоторых случаях являющиеся градообразующими по своему географическому положению, в направлении производства продукции с расширенными параметрами. Потребность в них находится на уровне объёмов значительно ниже проектной мощности гигантов, возведённых в стране в последние годы по выпуску плит общего назначения. Область применения специальных видов плит ограничивается судо- и вагоностроением, некоторых объектов строительства. Такие модернизированные производства могут выступать полигоном новейших технологических разработок, защита которых от последующей конкуренции обеспечивается своевременным патентованием или

оформлением ноу-хау, что может достигаться своевременным участием их в освоении новых технологий совместно с исследовательскими организациями. Обращение к положительному многолетнему опыту инженерного сообщества, привлечение учёных и инженеров-консультантов для сопровождения инвестиционного процесса существенно расширит границы возможностей инвестора, позволит применить оптимальные технологические решения и обеспечить производство качественной конкурентной продукции с прогнозируемой рентабельностью, создаст предпосылку сохранить существующие маломощные предприятия.

Литература:

1. Бардонов В.А. Управление качеством, химической и радиационной безопасностью древесных плит, фанеры и мебели // Качество и жизнь. – 2021. – №1. – С. 25-34.

2. Леонович А.А., Васильев В.В., Шпаковский В.Г. Организация промышленного производства огнезащитных древесностружечных плит // Древесные плиты: теория и практика / 14-я Междунар. науч.-практ. конф., 16-17 марта 2011 г. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – С. 27-30.

3. Леонович А.А. Основные направления и принципы модифицирования древесных плит / А.А. Леонович. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 96 с.

4. Леонович А.А. Технология древесных плит. – СПб.: Лань, 2019. – 208 с.

5. Леонович А.А. Физико-химические основы образования древесных плит / А.А. Леонович. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 264 с.

6. Минпромторг России. Перечень приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов [электронный ресурс] / Режим доступа: https://minpromtorg.gov.ru/docs/#!perechen_ivesticionnyh_proektov_v_oblasti_osvoeniya_lesov (Дата обращения – 20.02.2021).

7. Шалашов А.П. Состояние и перспективы развития производства древесных плит в России / Древесные плиты и фанера: теория и практика: Всерос. науч.-практ. конф., 17-18 марта 2021 г. – СПб.: ПОЛИТЕХ, 2021. – С. 10-13.

8. Spear M.J. Preservation, protection and modification of wood composites // Wood Composites. – 2015. – P. 253-310.

УДК 66.08

Выделение лигнина из чёрного щёлока и его использование при биорефайнинге древесины

О.В. Федорова, А.А. Пекарец, Э.Л. Аким, П.В. Луканин

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Биорефайнинг является наиболее рациональным направлением развития современных производств. Комплексная химическая переработка древесины позволит увеличить объём производства и диверсифицировать продукцию.

Наиболее целесообразным направлением биорефайнинга является выделение лигнина из чёрного щёлока.

Ключевые слова: биорефайнинг, лигнин, лигноуглеводный комплекс, чёрный щёлок, диверсификация производства, целлюлозно-бумажная промышленность

В России активно происходит налаживание собственного производства широкого ассортимента товаров на базе комплексной химической переработки древесины – процесс, который в последние десятилетия получил название «биорефайнинга». Устранение зависимости от импортных товаров привело к развитию новых товарных продуктов. Одним из таких продуктов становятся лигнин и его производные, которые применяют не только как биотопливо [1, 2], но и в качестве замены фенолов в фенолформальдегидных смолах [10, 11].

Как известно, лигнин, это второй по распространённости в природе полимер, имеющий в древесине трёхмерную структуру. В то же время сульфатный лигнин – это термопластичный, аморфный полимер. Поскольку сульфатный лигнин способен размягчаться при повышении температуры, то его используют при производстве древесных плит, механических масс, гофрокартона, в качестве биотоплива или как один из компонентов древесноугольных брикетов.

Осаждение лигнина, а точнее лигноуглеводного комплекса (ЛУК) из чёрного щёлока сульфатной варки древесины, можно осуществлять несколькими способами, прежде всего, углекислотным и сернокислотным. В диссертационной работе Федоровой О. В. «Многоступенчатое выделение лигнинного комплекса из чёрного щёлока при производстве сульфатной целлюлозы» были проведены исследования по выделению ЛУК в несколько ступеней [3-6]. На рис. 1 представлена схема многоступенчатого осаждения ЛУК.

Эта схема была выбрана в результате проведенных в ВШТЭ научно-исследовательских работ, как на щелоках ряда ЦБК, так и в лаборатории целлюлозно-бумажного комбината в г. Коряжма, филиал группы ИЛИМ. Угольная кислота позволяет выделить часть ЛУК из чёрного щёлока, поскольку она является слабой. Основная масса этого комплекса выделяется до $\text{pH} = 8$, после этого реакция замедляется и дальнейшего выделения ЛУК не происходит.

Исходя из работ, проведенных ранее и сделанных нами, известно, что выделенный таким образом комплекс практически невозможно отфильтровать, он превращается в студнеобразную массу, которая достаточно долго высыхает. Таким образом, одной из технологических задач, возникающих при выделении лигнина из чёрного щёлока, является перевод процесса фазового разделения из неуправляемого, спонтанного, в управляемый, позволяющий направленно регулировать вид и фильтруемость получаемого осадка. Как известно, процесс фазового разделения может идти по различным механизмам, прежде всего по спинодальному и нуклеационному. Для реализации нуклеационного механизма нами было предложено использовать различные типы нуклеаторов. Это открывает широкие возможности варьирования состава и свойств получаемых продуктов.

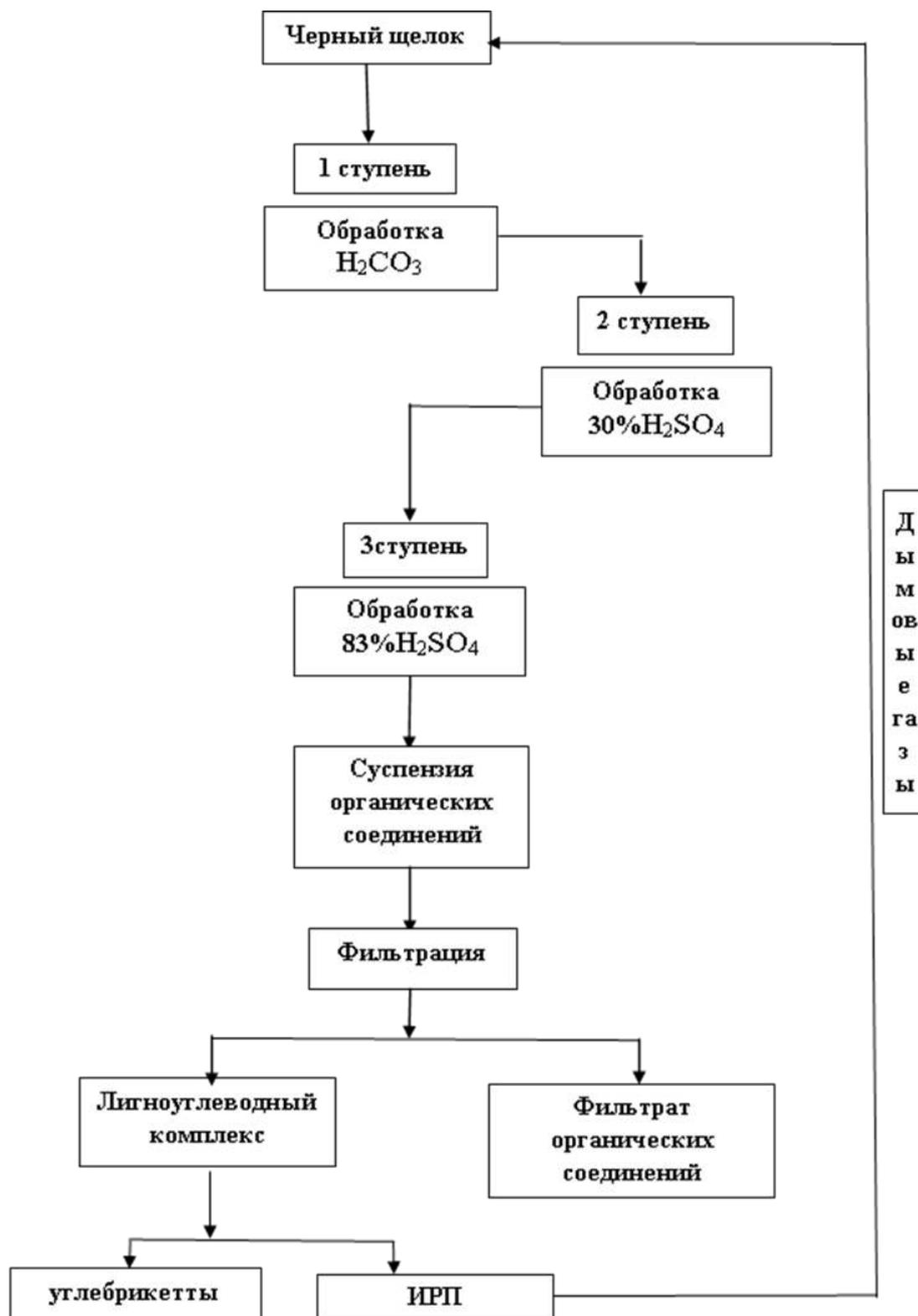


Рис. 1. Схема многоступенчатого выделения лигноуглеводного комплекса из чёрного щёлока.

После обработки чёрного щёлока после варки целлюлозы угольной кислотой, происходит доосаждение ЛУК серной кислотой с концентрацией 85 %. Выбор оптимальной концентрации серной кислоты для извлечения ЛУКа производили исходя двух параметров: наибольшее выделение органической части из чёрного щёлока и последующей хорошей фильтрации полученного комплекса. При извлечении ЛУКа из чёрного щёлока серной кислотой были взяты раз-

ные концентрации кислоты для определения наибольшего выхода органических веществ. Зависимость выхода органических веществ (% от суммы органических веществ в чёрном щёлоче) от концентрации серной кислоты (С, %) представлены на рис. 2. Максимальный выход ЛУК получен при применении серной кислоты с концентрацией 85 %.

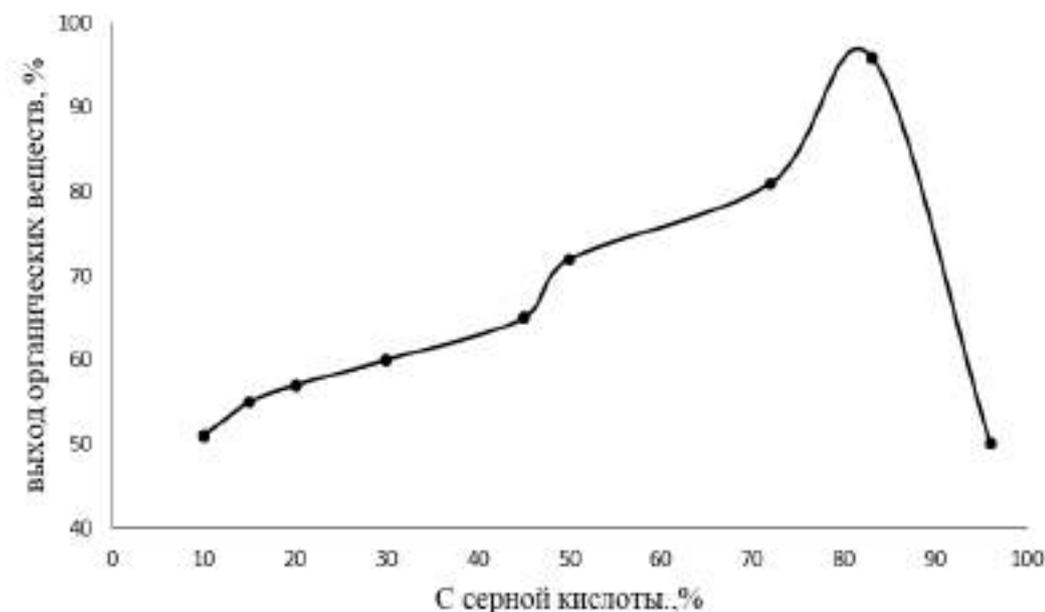


Рис. 2. Влияние концентрации серной кислоты ($C_{\text{серной кислоты}}$, %) на выход органических веществ, %



Рис. 3. Лигноуглеводный комплекс после сушки

Наихудшие результаты по выделению органических веществ получаются при применении 96 % серной кислоты.

Осаждение серной кислотой, также проходило в две ступени. Сначала полученную жидкость обрабатывают 83 % серной кислотой до $\text{pH} = 4$, а потом до $\text{pH} = 2$ обрабатывают 30 % серной кислотой. В результате проделанной работы получился осадок, который хорошо отфильтровывается и хорошо высыхает на воздухе, превращаясь в порошок (рис. 3).

Важной характеристикой получаемого продукта является состав полученного лигноуглеводного комплекса [7-9]. Были получены данные по содержанию лигнина, как водорастворимого, так и кислотно-растворимого, а также содержание экстрактивных веществ и гемицеллюлоз (таблица).

Таблица – Физико-химические характеристики полученного лигноуглеводного комплекса

Название опыта	Содержание веществ в лигноуглеводном комплексе, %				
	Кислоторас- творимый лигнин	Водораство- римый лиг- нин	Экстрактив- ные вещества	Гемицеллю- лозы	Другие со- единения
ЛУК, осажденный 85 % H ₂ SO ₄ по 1 ступени	33,0	40,0	3,67	1,67	21,66
ЛУК, осажденный жидкостью, насыщенной CO ₂ по 1 ступени	39,0	32,0	6,84	0	22,16
ЛУК, осажденный жидкостью, насыщенной CO ₂ + серная кислота по 3 ступеням	35,0	41,5	2,20	0	21,30

Таким образом полученный лигноуглеводный комплекс можно использовать как связующее при экструдировании древесных композиций.

Литература:

1. Аким Э.Л. Био-рефайнинг древесины // Химические волокна. 2016. №3. – С. 4-13.
2. Аким Э.Л., Мандре Ю.Г., Пекарец А.А. Изменение релаксационного состояния полимерных компонентов древесины при проведении ее высокотемпературного биорефайнинга // Химические волокна. 2019. №3. – С. 14-18.
3. Боголицын К.Г. Физическая химия лигнина. – Архангельск.: Академкнига, 2009. – 489 с.
4. Казаков В.Г. Оптимальные технологические параметры извлечения органических соединений из растворов черного щелока производства сульфатной целлюлозы / Казаков В. Г., Федорова О. В., Самойленко Д.Е. // Современные задачи промышленных технологий в теплоэнергетическом и лесопромышленном комплексе: Сборник тезисов докладов. – Санкт-Петербург, 12-14 декабря 2016 года / Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики: СПбГУПТД ВШТЭ, 2016. – С. 32.
5. Пекарец А.А., Ерохина О.А., Новожилов В.В., Мандре Ю.Г., Аким Э.Л. Упруго–релаксационные свойства древесины лиственницы и их роль при получении древесных и древесно–угольных брикетов // Известия вузов. Лесной журнал. 2020. № 1. – С. 34-39.
6. Федорова О.В., Луканин П. В., Казаков В. Г., Самойленко Д.Е. Модернизация технологического процесса переработки черных щелоков сульфатной целлюлозы // Журнал Прикладной химии. 2016. Т. 89. вып. 5. – С. 654-659.
7. Патент № 2617569 С2 Российская Федерация, МПК D21C 11/00 Способ кислотно-щелочной переработки черного щелока сульфатного производства целлюлозы : № 2014108629 : заявл. 05.03.2014 : опубл. 25.04.2017 / Казаков В.Г., Луканин П.В., Смирнова О.С.; заявитель СПбГУПТД.

8. Патент № 2338821 Российская Федерация, МПК D21C 11/00, C07G1/00 Способ получения щелочного лигнина : № 2007108567 : заявл. 25.01.2007 : опубл. 20.11.2008 / Аким Э.Л., Смирнов М.Н., Мандре Ю.Г., Калчев Р.; заявитель СПбГУПТД.

9. Патент РФ №2634380 Переработка черных щелоков в производстве целлюлозы : № 2016100886 : заявл. 12.01.2016 : опубл. 26.10.2017 / О. В. Федорова, В. Г. Казаков, П. В. Луканин. Заявка 2016122500.

10. *Cordoso M., Oliveria E.D., Passos M.L.* Kraft black liquor of eucalyptus from Brazilian mills; chemical and physical characteristics and processing in the recovery unit // *O papel*. 2006. №4. – P. 71-83.

11. *Radoykova T. Nenkova S., Valchev I.* Black liquor lignin products, isolation and characterization // *Journal Chem Technol Metall*. 2013. – P. 524-529.

УДК 674.093.26

Кора берёзы – ценное сырьё для химической переработки

В.В. Васильев

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

На фанерных заводах образуется большое количество отходов окорки берёзовых чураков. Утилизация их путём вывоза на свалку и сжигания невыгодна. Предлагается перерабатывать кору в химических технологиях. Они позволяют получить полезные вещества. Например, бетулин для медицины и косметологии, дегидратационную смолу и суберин для фанеры и древесных плит, а также другие вещества.

Ключевые слова: кора берёзы, древесное сырьё, отходы окорки, береста, луб, бетулин, суберин, фанера, древесные плиты.

На фанерных предприятиях после окорки древесного сырья образуется большое количество отходов берёзовой коры. Для фанерного завода мощностью 100 тыс. м³ в год их масса составляет более 20 тыс. тонн сырой коры. Её необходимо рационально и выгодно утилизировать.

Кора представляет сложный комплекс в анатомическом строении. Она состоит из двух слоёв: корки и луба. Наружный слой – корка предназначен предохранять живые ткани ствола дерева от резких колебаний температуры, испарения влаги, проникновения грибов, бактерий и механических повреждений. Внутренний слой – луб (флоэма) прилегает к камбию. В растущем дереве луб проводит вниз по стволу образующиеся в листьях органические питательные вещества.

Кора берёзы отличается от большинства других российских пород своей коркой, она у неё не рыхлая, а гладкая, твёрдая и прочная. У неё есть даже своё название – береста или берёста. Объёмное содержание коры в берёзе находится в диапазоне 13...15 %. Плотность абсолютно сухой древесины берёзы 620 кг/м³,

а абсолютно сухой коры 736 кг/м³, в том числе бересты 524 кг/м³, луба 824 кг/м³ [11].

Отходы после роторной окорки берёзы состоят из кусковых фрагментов разной формы и размеров, а также мелких частиц. Кусковые фрагменты массой до 100 г могут быть соединены волокнами луба в ленты длиной до 800 мм, шириной до 100 мм. Абсолютная влажность коры более 50 %.

В настоящее время кору вывозят на свалку или сжигают. Вывозка коры на специальные полигоны создаёт экологические проблемы и финансово обременительна. Сжигание коры затруднительно, так как она имеет высокую влажность, зольность и низкие сыпучие свойства. Перед сжиганием требуется её специальная подготовка, включающая измельчение и обезвоживание (подсушку). В результате оба способа утилизации коры являются затратными.

Из сырой измельчённой коры, смешанной с добавками азота и фосфора, можно готовить хорошее удобрение [4]. Однако для этого нужно предварительно подготовить бетонированную или асфальтированную площадку большой площади, поскольку процесс компостирования коры продолжается несколько месяцев, а зимой замедляется. Луб по сравнению с берестой имеет более крупчатую структуру. При высокой степени дисперсности его можно использовать в качестве наполнителя для клеев, применяемых для склеивания шпона [4].

Берёзовая кора представляет сложный химический комплекс. В таблице представлен её состав [11]. Для сравнения приведены аналогичные данные для древесины берёзы.

Таблица – Химический состав древесины и коры берёзы, %

Наименование компонента	Массовая доля компонента, %				
	Древесина	Кора			
		Береста	Береста [5]	Луб	Луб [6]
Целлюлоза	35...45	5,1	3,8	27,3	17,4
Пентозаны	20...25	–	4,8	20,2 [1]	12,5
Гексозаны	20,0 [1]	–	–	–	5,1
Лигнин	19...22	6,2	–	19,5	24,7
Зола	0,2...0,5	0,2...1,5	0,5	1,6...2,4	2,4
Вещества, экстрагируемые последовательно:					
– эфиром	2,5	33,6	38,1 [5]	1,9	–
– этанолом	–	4,0	24,3	10,1	13,1
– горячей водой	4,2	1,7	4,5	2,3	21,4
Суберин	–	–	34,4	1,2 [5]	–

Наиболее перспективным является использование берёзовой коры в химической переработке. Из бересты методом пиролиза уже с успехом получают дёготь. Выход его от массы сухой бересты составляет 25 % [4]. Дёготь – тёмная густая жидкость, содержащая бензол, ксилол, крезол, толуол, фенол и другие вещества. Дёготь применяют в медицине (мазь Вишневского) и ветеринарии, а также в косметике (дегтярное мыло, шампуни). После перегонки из дёгтя получают креозот, широко используемый для пропитки шпал и других деревянных деталей, контактирующих с землёй.

Состав и соотношение основных органических соединений в коре иное, чем в древесине; в коре значительно меньше целлюлозы, особенно в бересте. Количество минеральных веществ в коре, особенно в лубе, больше, чем в древесине. Между берестой и лубом имеются также серьёзные отличия: в бересте меньше лигнина и больше экстрактивных веществ. Кроме того, в бересте содержится суберин, которого нет ни в древесине, ни в лубе.

В экстрактивных веществах бересты содержится бетулин. Доля его может достигать до 40 % от массы бересты [5]. Бетулин – кристаллическое органическое вещество, тритерпеновый спирт состава $C_{30}H_{50}O_2$. Он и его производные нашли широкое применение в медицине, ветеринарии и косметологии [4, 5]. Клиническими испытаниями доказано, что препараты на основе бетулина проявляют широкий спектр биологической активности (противовирусную, противоязвенную, противоопухолевую, капилляроукрепляющую, заживляющую и другие). В нашей стране организован промышленный выпуск лекарств из бетулина, например, компанией «БетулаФарм».

При обработке бересты разбавленным щелочным раствором выделяется суберин – сложный полиэфирный биополимер с молекулами, образованными субериновыми кислотами и глицерином. Он придаёт коре гидрофобные свойства, а содержание его достигает до 40 % от массы бересты [9]. Установлено, что субериновые кислоты проявляют антибактериальную и антигрибковую активность [9], а сам суберин может быть использован в качестве клея, как плёнокообразователь в лакокрасочных материалах, как антипирен для древесины [9, 10]. Древесностружечные плиты с суберином в качестве связующего имеют следующие показатели: плотность 635 кг/м^3 , предел прочности при изгибе 32 МПа, разбухание за 2 ч 6 % [9]. Поскольку в связующем нет формальдегида, плиты по токсичности относятся к самому высокому классу.

Из коры можно получить ещё одно связующее. Сырьём для него являются гемицеллюлозы, то есть полисахариды со значительно меньшей, чем у целлюлозы молекулярной массой. К ним относятся пентозаны $(C_5H_8O_4)_n$ и гексозаны $(C_6H_{10}O_5)_n$. Содержание их в древесине и в лубе коры берёзы самое большое из российских пород. Измельчённый луб подвергают обработке кислотами и сушат при температуре 120...350 °С. В процессе термообработки из гемицеллюлоз образуется дегидратационная смола. Из высушенного материала извлекают путём экстракции смолу, которую можно использовать в качестве связующего в производстве древесных плит [8] и клея для фанеры [2]. Показатели древесностружечной плиты на этой смоле: плотность 708 кг/м^3 , предел прочности при изгибе 15,0 МПа, разбухание за 24 ч 10,3 %, разбухание после кипячения в воде 1 ч 14,6 %, содержание формальдегида 2,4 мг/100 г.

Таким образом, химическая переработка коры берёзы позволяет получить целый ряд веществ, представляющих интерес для нескольких отраслей: медицины, ветеринарии, косметологии, синтеза смол, лакокрасочных материалов, производства фанеры и древесных плит. Однако перерабатывать необходимо отдельно бересту и луб. Для этого нужны отходы окорки подготовить.

В Санкт-Петербургском лесотехническом университете сотрудниками нескольких кафедр ведутся работы по технологиям переработки отходов окорки

берёзы. Разработана несложная технология измельчения и отделения бересты от луба. В широком диапазоне определён химический состав бересты и луба коры берёзы [3]. Запатентован новый способ извлечения из коры берёзы полезных веществ [11]. Выход экстракта по этому патенту составляет от 16 до 25 % от массы абсолютно сухой бересты, а содержание бетулина в нём 90...95 %. Для сравнения, российское НПО «ЭКОДИКА» (г. Киров) производит экстракт бересты [12]. Концентрация бетулина в нём 50...80 %, цена продукта концентрацией 50 % в аптечной упаковке составляет 25 руб. / г, оптовая цена – 20 руб. / г при покупке 1 кг.

Таким образом, использование коры берёзы в качестве сырья для химической переработки актуально, перспективно и экономически выгодно. По отдельным продуктам уже сформировался рынок. Но спектр веществ, которые можно извлечь из коры, широкий. Он ждёт своего часа. Наш университет готов сотрудничать с заинтересованными инвесторами.

Литература:

1. *Боровиков А.М., Уголев Б.Н.* Справочник по древесине. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 296 с. ISBN 5 – 7120 – 0137 – 3.
2. *Васильев В.В., Сизов А.И., Строителева Е.Д.* Фанера на модифицированной фенолоформальдегидной смоле // *Древесные плиты и фанера: теория и практика* / Под. Ред. А.А. Леоновича: 42-я всерос. науч.-практ. конф., 17–18 марта 2021 г. – СПб.: ПОЛИТЕХПРЕСС, 2021 – С. 91-94.
3. *Ведерников Д.Н., Шабанова Н.Ю., Рощин В.И.* Изменение химического состава корки и луба березы повислой *betula pendula roth.* (betulaceae) по высоте дерева. *Химия растительного сырья.* 2010, № 2. – С. 43-48.
4. *Волынский В.* Переработка и использование древесной коры. *ЛесПромИнформ*, 2012, № 2 (84).
5. *Кузнецова С.А., Васильева Н.Ю., Калачева Г. С., Титова Н.М., Редькина Е.С., Скворцова Г.П.* Получение диацетата бетулина из бересты коры березы и изучение его антиоксидантной активности. *Journal of Siberian Federal University. Chemistry* 2, 2008, № 1. – С. 151-165.
6. *Никитин Н.И.* Химия древесины и целлюлозы. – М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1962. – 711 с.
7. Патент № 2184120. Способ получения бетулина / Рощин В.И., Шабанова Н.Ю., Ведерников Д.Н. – № 2001103062/04 : заявл. 02.02.2001 : опубл. 27.06.2002.
8. Патент № 2723875. РФ, МКИ С1. Способ получения фурфурольной смолы на основе гемицеллюлоз растительного сырья для склеивания древесных материалов / Васильев В.В., Сизов А.И. – № 2019133722 : заявл. 22.10.2019 : опубл. 17.05.2020 : бюл. № 1.
9. *Судакова И.Г., Гарынцева Н.В., Иванов И.П., Кузнецова Б.Н.* Выделение и применение суберина из бересты коры березы. *Journal of Siberian Federal University. Chemistry* 2, 2012, № 5. – С. 168-177.

10. Судакова И.Г., Кузнецов Б.Н., Иванов И.П., Иванченко Н.М. Защитные составы для древесины на основе суберина коры березы. Химия растительного сырья. 2005, № 1. – С. 59.

11. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – 351 с.

12. ЭКОДИКА ООО НПО. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://info@betulin43.ru> (дата обращения: 09.02.2023).

УДК 621.039.564

Производство древесных плит с использованием современных контрольно-измерительных приборов и установок фирмы «ГреКон»

А.Г. Васичев

ООО «ГреКон»

Современное производство древесных плит сегодня невозможно без постоянного контроля сотен параметров производственного оборудования и конечной продукции. Каждый параметр является в конечном итоге составной частью «общей картины качества продукции». Важность того или другого параметра определяется в зависимости от особенностей технологического процесса, однако существуют такие характеристики, которые важны для любого производства. В статье освещаются современные контрольно-измерительные приборы и установки, разработанные фирмой «ГреКон», которые позволяют надёжно и эффективно контролировать весь процесс производства древесных плит.

Ключевые слова: древесные плиты, влагомер, рентгеновская установка, сканирование поверхности, качество склеивания, искрогашение, толщиномер, весы.

Для обеспечения высокого качества конечной продукции необходимо постоянно контролировать её различные параметры. Лабораторный контроль, безусловно, сохранит своё значение и в будущем. Но в силу отставания во времени от событий, происходящих в технологическом процессе, в случае необходимости невозможно быстро вмешаться в ход самого процесса. Поэтому более предпочтительным является фиксирование множества параметров во время технологического процесса, то есть в режиме онлайн. При этом оператор имеет возможность контролировать весь процесс посредством компьютера, подключенного к установкам. Кроме этого, имеется возможность подключения всех установок посредством модемной связи к отделу обслуживания фирмы «ГреКон» в Германии.

В процессе производства древесных плит большое значение имеет влажность применяемой щепы или волокна. Если материал будет слишком влажным, то придётся смириться со снижением качества готовых плит. Если материал, наоборот, будет слишком сухим, то значит, имел место лишний расход

энергии. То же самое относится и к пропитанному клеем материалу. Для решения проблемы используется **бесконтактный инфракрасный влагомер MOISTURECONTROL IR**. Принцип измерения основан на изменении, в зависимости от влажности материала, угла отражения светового луча, предварительно оптически разложенного в инфракрасном диапазоне. Влажность может измеряться в диапазоне от 1 до 75 %. Погрешность составляет ± 1 % выбранного диапазона измерения. Например, на выходе из сушильных барабанов, где диапазон измерений составляет 1...5 %, погрешность будет равна 0,05 %.

Следующим очень важным параметром является **вес материала на единицу площади**. Специальные стационарные (**MATCONTROL T / BWS**) или траверсные (**MATCONTROL TC / BWQ**) рентгеновские установки фирмы «ГреКон» монтируются непосредственно внутри форммашины или на соответствующем ленточном транспортёре. Результаты измерений могут быть использованы для изменения скорости движения транспортёрной ленты или высоты расположения гребёнки. Диапазон измерений: 0...40 кг/м², погрешность измерений – $\pm 0,25$ % конечной величины, разрешающая способность – 30 гр/м².

Чтобы точно оценить колебания веса на единицу площади – как в продольном, так и в поперечном направлении – в процессе производства, необходимо проводить измерение всей поверхности сформированного ковра. Это стало возможным с помощью **сканера ковра MATCONTROC HF (DISFFENSOR)**.

Представление точных графических и цифровых данных позволяет оператору своевременно вмешиваться в процесс формования ковра, чтобы добиться постоянно высокого качества плиты при одновременной оптимизации расхода материала и энергии. Одним из преимуществ использования сканера «Диффензор» является то, что ширина колебаний удельного веса в продольном направлении при регулировании скальпера значительно ниже, чем при регулировании с использованием данных с весов. Систематическая ошибка весов в диапазоне 250...400 гр/м² отчётливо прослеживается и затем корректируется вручную, как правило, после забора проб после пресса. «Убегание» веса на весах также является всем известным на практике феноменом, вызванным различием напряжений в ленте, влиянием температур и загрязнениями, которое корректируется также вручную после взятия проб. Ещё одной ошибкой при регулировании с помощью весов являются допуски формирующей ленты до 100 гр/м², которые, как правило, корректировке не поддаются. При использовании сканера ковра «Диффензор» удельный вес формирующей ленты на протяжении всего процесса измеряется и при регулировке скальпера соответствующим образом корректируется вес на единицу площади ковра. Постоянный контроль распределения веса поперёк направления технологического потока перед главным прессом обеспечивает возможность оптимизации процесса изготовления продукции. Одновременно это препятствует попаданию ленты пресса под воздействие неравновесия плотности в ковре. При помощи данных измерения можно легко проследить и запротоколировать ход производственных процессов. С помощью сканера «Диффензор» впервые появилась возможность всесторонней и эффективной защиты стальных лент от непоправимых дефектов, вызываемых как ме-

таллическими, так и неметаллическими, а также другими инородными телами высокой плотности, что увеличивает срок службы лент на 2...4 года.

Датчик EASYLOG+ является **новой разработкой** для непрерывного измерения в динамике параметров давления газа и температуры внутри ковра из древесных материалов (ДСП, MDF, OSB) при прохождении внутри пресса в направлении подачи, а также поперёк ковра в любом выбранном месте. Контроль можно вести как внутри прессов непрерывного действия, так и в тактовых, и в многоэтажных прессах. Полученные данные дают опосредованную информацию об отверждении смолы в ковре и позволяют оптимизировать программу прессования по отдельным рецептам. **ЦЕЛЬ:** как можно скорее достигнуть температуры в 100 °С для среднего слоя! Теперь с помощью датчика EasyLog+ можно минимизировать явления расслоения, если добиться большего удаления газа из середины ковра. Влияние предшествующих технологических процессов (например, орошения ковра, систем подогрева) или параметров продукции (например, смолы, плотности, влажности) на процесс прессования можно фиксировать в режиме реального времени. Появилась возможность контролировать процесс формирования свойств плиты! Процесс измерения происходит следующим образом. Беспроводной датчик вбрасывается в средний слой в месте формования ковра и проходит через горячий пресс как своего рода потерянная деталь. Осуществляется синхронизация измерений с моментом входа в пресс и выходом из него. При нахождении ковра внутри пресса производится замер давления газа и температуры. При помощи считывающего устройства замеренные данные по выходе из пресса считываются беспроводным способом. При помощи карты SD или интерфейса данные затем передаются на ПК более высокого уровня. Одновременно могут быть вброшены до 3 датчиков, например, по ширине ковра.

Выход за пределы допусков, определяющих размеры изделия, особенно толщины, снижает качество, увеличивает выход брака, а значит, влияет на снижение общих экономических показателей предприятия. При отклонениях от заданного параметра можно сразу принять необходимые меры, если располагать текущими данными благодаря применению **установки измерения толщины**. Высокочувствительные прецизионные ролики установки **THICKNESSCONTROL RT / DMR** касаются материала таким образом, что изменения толщины материала вызывают вертикальное перемещение устройства записи пути. Внутри измерительных головок бесконтактным способом выполняется фиксирование пути. Чаще всего применяется парное (сверху и снизу) размещение измерительных головок, чтобы компенсировать прогиб материала. Наиболее распространенной является комбинация из трёх пар измерительных головок, позволяющая получать информацию о толщине плиты по краям и в центре. Точность измерений – 0,014 мм.

Установки контроля качества склеивания DELAMINATIONCONTROL T / UPU фирмы «ГреКон» помогают вовремя зафиксировать ошибки производства, что позволяет избежать выпуска брака. Невидимые отклонения от хорошего качества представляют в производстве древесных плит значительную проблему. Они распознаются только на стадии раскроя самой плиты или уже на

предприятию по дальнейшей переработке плит. Рекламации и брак – вот последствия этого явления. В установках фирмы «ГреКон» ультразвуковые волны пронизывают плиту и воспринимаются расположенным напротив приёмником. Например, не пропитанная клеем зона ослабляет звуковые волны, в силу чего генерируется сообщение. К системе можно подключить до 24 контрольных каналов. Благодаря этому достигается высокая плотность контроля. В процессе работы имеется возможность устанавливать допустимые длины дефектов. Возможна также активизация интегратора дефектов. Основой для подачи им сигнала служит определённое процентное содержание небольших дефектов в пересчёте на одну плиту. Места расположения дефектов могут быть промаркированы по боковой стороне плиты. С помощью этой установки можно не только распознавать воздушные включения, такие как пузыри, расслоения, места непрочности, но и оптимизировать технологический процесс в целом. Информация, индицируемая на экране компьютера, позволяет технологу определить качество склеивания и оптимизировать предстоящие технологические процессы, например время сушки шпона, количество клея, время прессования, таким образом, чтобы выпускать по-прежнему качественную плиту, но с наименьшими сырьевыми и энергозатратами. Кроме этого, установка UPU оснащена устройством автоматического калибрования каждого канала, устройством автоматического контроля загрязнения канала. После первой настройки устройств сбора измеряемых параметров по опорной величине через заранее установленные интервалы выполняется автоматический контроль уровня загрязнения установки. Если сигнал от контрольного канала в силу загрязнения отклоняется от предварительно установленной опорной величины, то автоматически выполняется дополнительное калибрование системы. Если уровень загрязнения достигает величины, не допускающей проведения дополнительного калибрования, то оператору автоматически даётся указание на очередную чистку. Таким образом, всегда можно быть уверенным в результатах контроля.

Новинка: установка **DELAMINATIONCONTROL F / UPUfs** – контроль всей площади плиты за счёт расположения каналов в два ряда и новой конструкции траверсы. **Распределение объёмной плотности** также является важной характеристикой древесных плит. Установка **STENOGRAPH** фирмы «ГреКон», использующая в качестве источника излучения рентгеновскую трубку, позволяет получить распределение объёмной плотности в плите сразу после пресса в режиме реального времени. Скорость измерения 0,3...1,0 мм толщины плиты/сек.

Колебания распределения материала и веса плиты ведёт к повышению издержек производства при одновременном снижении качества продукции. До недавнего времени в плитной промышленности применялись гравиметрические весы или рентгеновские излучатели, при помощи которых можно определить вес готовой плиты.

Гравиметрические весы типа BOARDSCALE / GS фирмы «ГреКон» применяются в основном в качестве весов, работающих в состоянии покоя взвешиваемого материала. При этом каждая плита должна находиться на столе весов в состоянии покоя некоторое время, чтобы быть взвешенной. Такие весы

могут применяться в основном в тактовых прессах. Плиты взвешиваются при прохождении через весы, причём надо учитывать, что на весах может находиться только одна плита или (в определённых случаях) целая группа. Полотно весов должно быть соответствующей длины, чтобы обеспечивать необходимое время взвешивания. Кроме того, разрыв между двумя плитами должен быть достаточно большим. Для работы необходимы рабочие столы, которые имеют очень большую тару. Взвешивание очень лёгких или коротких плит из-за этого становится делом весьма трудным.

Весы для плит проходного типа BOARDSCALE T / CS фирмы «ГреКон», работающие в режиме in-line, обеспечивают автоматизацию контроля распределения материала, а также веса плиты. Особенно для производственных установок с очень высокой скоростью конвейера, в стеснённых условиях, при недостатке места или при неблагоприятном соотношении веса стола и веса плиты весы для плит CS производства фирмы «ГреКон» просто идеальны. В отличие от обычных весов для плит, оборудованных рабочим столом, установка CS обеспечивает отображение распределения веса в поперечном направлении в пределах измеряемой плиты. Компьютер, обрабатывающий данные измерений, показывает величины измерений и позволяет без труда выбирать параметры установки. Особым преимуществом этой системы является её компактность (она занимает немного места), высокая точность измерения и нечувствительность к внешним воздействиям, например пыли, пару и высокой температуре материала. В комбинации с установкой измерения толщины DMR производства фирмы «ГреКон» можно определять объёмную плотность плит, а также её распределение в плите и использовать эти данные в целях оптимизации технологического процесса. Весы проходного типа CS работают бесконтактным способом. Для фиксирования результата измерения измеряемый материал просвечивается слабым рентгеновским излучением. В зависимости от количества материала и его удельного веса изменяется воспринимаемая приёмником сила излучения. Она и является мерилем веса на единицу площади ($\text{кг}/\text{м}^2$). Диапазон измерений составляет от 2 до $40 \text{ кг}/\text{м}^2$ при толщине плиты до 50 мм и скорости конвейера до 120 м/мин. Погрешность измерений $\pm 3,5 \%$ при $2 \text{ кг}/\text{м}^2$ и $\pm 0,2 \%$ при $40 \text{ кг}/\text{м}^2$. Надо отметить, что это устройства с узким, полосообразным измерением. Чтобы получить достаточно точное отображение веса плиты, применяется чаще всего три, пять или шесть измерительных дорожек для контроля плиты. При таком способе измерения всегда есть непромеренные пространства, а в силу этого приходится выполнять интерполяцию. Абсолютный вес плиты, таким образом, даётся с определённой допустимой погрешностью.

У новой рентгеновской системы **BOARDSCALE HF / HPS** фирмы «ГреКон» всех этих недостатков нет! Эта установка работает бесконтактным способом с покрытием всей площади. Для фиксации измеряемых величин контролируемый материал просвечивается рентгеновским излучением, причём в зависимости от количества материала и удельного веса материала изменяется воспринимаемая датчиком интенсивность излучения. Эта система невосприимчива к таким мешающим воздействиям окружающей среды, как пыль, пар и высокая температура материала. Плиты взвешиваются в процессе прохождения через

весы. Тут вес брутто будет нетто, никакой тары не нужно при этом вычитать. Очень легкие и короткие плиты можно взвешивать независимо от скорости! Большой интерес представляет, особенно для будущего дооснащения существующей линии, компактность – для размещения требуется всего около 1,5 м. С помощью высокоточных весов HPS с покрытием всей площади измерение выполняется с высоким разрешением и определяется вес каждой отдельной плиты, а также колебания материала в плите. Одновременно производится контроль взвешивающей техники в форммашине. Таким образом, весы HPS выдают точный вес плиты и распределение материала в ней. Распределение материала вдоль и поперек плиты анализируется и представляется посредством соответствующих параметров. Результаты измерения остаются в распоряжении в архивной базе данных. Ими можно воспользоваться для настройки и оптимизации процесса с целью сокращения расхода материала. Диапазон измерений составляет от 1 до 40 кг/м² при толщине плиты до 50 мм и скорости конвейера до 240 м/мин. Погрешность измерений ± 0,5 %.

Системы контроля часто приобретаются с целью исключения поставки покупателям дефектного товара. Функция системы понимается как возможность распознать и отбраковать товар с дефектом. С другой стороны, эту же информацию можно использовать и для оптимизации технологического процесса. Таким образом, получается двойной эффект: оптимизация расхода сырья и снижение брака. Так же как производители в плитной промышленности постоянно стремятся усовершенствовать технологию, так и фирма «ГреКон» ведёт работу ради того, чтобы предоставить в распоряжение эксплуатационников измерительные системы, соответствующие их потребностям.

Распределение объёмной плотности также является важной характеристикой древесных плит. **Лабораторный прибор DENSITYPROFILER / DAX** фирмы «ГреКон», использующий в качестве источника излучения рентгеновскую трубку, позволяет получить распределение объёмной плотности 19-мм образца всего за 5 сек. Загрузочный магазин вмещает 7 таких образцов. Диапазон измерения: 400...1500 кг/м³, точность измерений – +/- 5 % от граничной величины диапазона, разрешающая способность – 20 мкм.

Несмотря на применение в процессе производства усовершенствованной техники невозможно полностью предотвратить образование искр и источников возгорания. Почти каждый день где-нибудь происходит взрыв пыли или регистрируется пожар, возникший от возгорания пыли, но о больших убытках в промышленности и длительных простоях на производстве умалчивается, не говоря уже об опасности для жизни человека. Именно поэтому предупредительные меры по защите от взрывов приобретают большое значение.

Фирма «ГреКон» является ведущим мировым производителем, выпускающим **установки искрогашения** в течение более 30 лет. За это время по всему миру, в том числе и на предприятиях России и стран, входивших ранее в СССР, установлено и работает около 300 тысяч установок. Установки регистрируют искры и тлеющие частицы сразу же после их появления в системе пневмотранспорта или на открытых транспортёрах. После обнаружения и анализа моментально (время открывания форсунки составляет 250...300 мсек с момента

обнаружения искры или горячей частицы) вводятся меры противодействия с целью ликвидации причины возникновения пожара или взрыва. В отличие от других систем пожаротушения установки искрогашения ведут борьбу с начальной фазой явления, то есть ещё до того, как появляется огонь. **Производственный процесс при этом может беспрепятственно** продолжаться. Центральный пульт управления принимает и анализирует сигналы тревоги и выдаёт соответствующие команды автоматике противодействия. В процессе работы происходит регулярное автоматическое тестирование всех датчиков и автоматики противодействия. Тесты, проведенные американской страховой компанией «Factory Mutual», подтвердили, что датчики фирмы «ГреКон» реагируют на каждое видимое и инфракрасное излучение в диапазоне от 0,8 до 1,1 мкм, куда попадают и низкотемпературные тлеющие и тёмные частицы (прим. 400 °С), обладающие, тем не менее, большим взрывным потенциалом. Гашение искр в подавляющем большинстве случаев осуществляется водой. Она подается под большим давлением через специальную форсунку, создающую мелкодисперсный водяной туман. Фирма «ГреКон» предлагает и другие средства противодействия, например, углекислый газ, переводные стрелки, шиберы, заслонки. Установки искрогашения соответствуют мировым стандартам, имеют сертификаты TÜV CERT (Германия), допущены к эксплуатации страховыми организациями Factory Mutual System и Союзом страховщиков от ущерба (VdS). Имеются сертификаты пожарной безопасности РФ, сертификат соответствия техническому регламенту о безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах Таможенного союза, декларация о соответствии требованиям о безопасности низковольтного оборудования Таможенного союза.

Решаете ли Вы задачи, связанные с измерением конкретных характеристик продукции, или осуществляете всеобъемлющий контроль на производстве – в любом случае в лице фирмы «ГреКон» вы имеете действительно надёжного и компетентного партнёра.

УДК 674.816.3

Обоснование параметров режима склеивания древесностружечных плит с использованием фенолоформальдегидных смол, модифицированных шлаком

М.А. Раков, Г.С. Варанкина, Д.С. Русаков

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

Для улучшения технологических и эксплуатационных свойств плит предлагается использовать отходы завода «Северсталь» – шлак. Сталеплавильные шлаки – побочный продукт при любом способе получения стали в открытых агрегатах. Шлаки добавляют в клеевую композицию с целью экономии основных компонентов и переработки побочного продукта. Шлаки являются активными наполнителями и обладают способностью ускорять процесс желатини-

защиты фенолоформальдегидных смол и снизить содержание свободного формальдегида в готовой продукции.

Ключевые слова: отходы производств, шлак, наполнитель, фенолоформальдегидная смола, клей, склеивание, прочность, ускорение процессов склеивания, содержание свободного формальдегида.

Повышение эффективности работы деревообрабатывающей отрасли связано в первую очередь с развитием технологии процесса склеивания древесных материалов [1-8]. Особое место при этом принадлежит совершенствованию клеевых материалов [9-12].

Для получения высококачественной конкурентоспособной продукции особое внимание необходимо уделять вопросам разработки клеевых композиций, обеспечивающих минимальную продолжительность склеивания, требуемую степень отверждения, низкое содержание токсичных веществ, а также совершенствованию режимов прессования [1-12]. Поэтому разработка модификатора, позволяющего при минимальных затратах на его изготовление обеспечить максимальное снижение токсичности древесностружечных плит при интенсификации процесса отверждения, является актуальной научно-технической задачей.

На интенсивность выделения формальдегида из готовых плит оказывают влияние следующие факторы: свойства применяемой смолы и, в первую очередь, содержание в ней свободного формальдегида, количество вводимого связующего, условия горячего прессования плит (влажность осмолённой стружки, температура и продолжительность прессования), условия эксплуатации плит или изделий из них, вид облицовки плоскостей [1, 3, 12].

Снижение токсичности плит может быть достигнуто за счёт введения нового вида наполнителя (модификатора) в фенолоформальдегидные смолы, отходов завода «Северсталь», до 15 масс. ч. от массы смолы (клея), который способен адсорбировать находящиеся в смолах ароматические углеводороды (фенолы и C_1 - C_4 компоненты; спирты, альдегиды, кислоты, в т.ч. формальдегид).

Для улучшения эксплуатационных свойств плит предлагается использовать отходы завода «Северсталь» – шлак. Сталеплавильные шлаки – побочный продукт при любом способе получения стали в открытых агрегатах. Состоит из различных нелетучих оксидов с меньшей плотностью, чем сталь, которые собираются на поверхности расплава. Их источники: продукты, полученные при окислении примесей, содержащихся в чугунах и ломе, добавочные окислители и материалы, внесённые загрязнения (миксерный шлак, песок) и др. Шлак образуется в результате окисления составляющих металлической части шихты, из оксидов футеровки печи, флюсов и руды. Содержит большее количество оксидов железа (20 %) и марганца (10 %).

Шлаки добавляют в клеевую композицию с целью экономии основных компонентов и переработки отходов [2, 8, 9]. К сталеплавильным относят шлаки, образующиеся при выплавке стали и при обработке металла. К первым относят электроплавильные, мартеновские и ваграночные. Ко второй группе относят тигельные и сварочные.

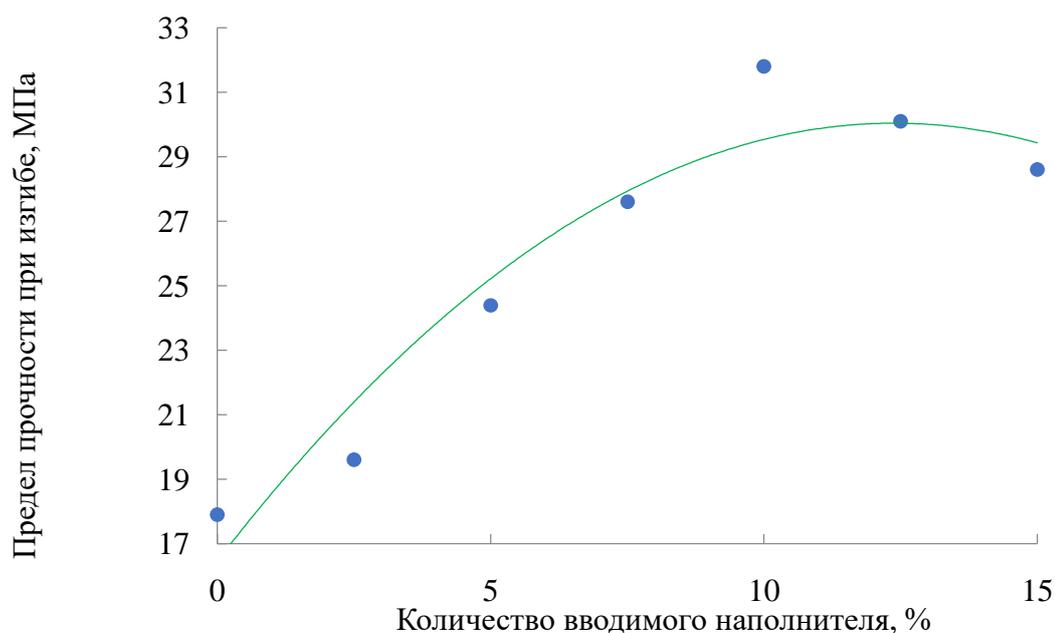


Рисунок. График зависимости прочности плит при статическом изгибе от количества наполнителя в фенолоформальдегидной смоле марки СФЖ-3014

Производство композиционных материалов является одним из наиболее эффективных способов утилизации отходов, и для увеличения переработки побочных продуктов производства предлагается использовать сталеплавильные щелочные шлаки в производстве плит и фанеры. Так как утилизация отходов, в том числе металлургической и целлюлозной промышленности, является важной проблемой, для частичного решения данной проблемы был проведён однофакторный эксперимент, целью которого являлось исследование влияния сталеплавильного шлака на прочность древесностружечных плит.

Экспериментальные исследования подтвердили преимущество нового наполнителя (модификатора) по сравнению с ранее используемыми [1-6]. Прочность ДСП при статическом изгибе увеличилась за счёт возрастания степени структурирования полимера, увеличения молекулярной массы, повышения когезионной прочности и реакции взаимодействия с органическими компонентами древесины (рисунок).

Химический состав шлаков [2], соответствует ГОСТ 3476–2019, табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав шлаков

Наименование показателя	Норма для сортов	
	Шлак S1	Шлак S2
Содержание оксида алюминия, не менее	8,0	7,5
Содержание оксида магния, не более	15	
Содержание диоксида титана, не более	4,0	
Содержание оксида марганца, не более	2,0	3,0

В результате проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных получена математическая модель процесса склеивания в виде уравнений регрессии (1, 2).

$$\begin{cases} y_1^\sigma = 957,779 - 1,23x_1 + 172,23x_2 - 10,969x_3 + 0,4463x_4 - 134,815x_5 - \\ - 0,133x_1^2 - 36,951x_2^2 + 0,02486x_3^2 - 1,201x_4^2 + 1,090x_5^2 - 0,375x_1x_2 + \\ + 0,01619x_1x_3 + 0,352x_1x_4 + 0,130x_2x_3 - 2,591x_2x_4 + 18,861x_2x_5 + \\ + 0,0478x_3x_4 + 0,406x_3x_5 \\ y_2^T = 1,988 - 0,0391x_1 - 0,1797x_4 - 1,555x_5 + 0,0464x_2^2 - 0,0002x_3^2 + \\ + 0,0017x_2x_3 + 0,0222x_4x_5 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} 2,5 \leq x_1 \leq 15 \\ 2,2 \leq x_2 \leq 3,0 \\ 180 \leq x_3 \leq 220 \\ 2 \leq x_4 \leq 4 \\ 0,2 \leq x_5 \leq 0,8 \end{cases} \quad (2)$$

где x_1 – количество наполнителя; x_2 – давление прессования; x_3 – температура плит пресса; x_4 – продолжительность склеивания; x_5 – размер частиц наполнителя; y_1^σ – прочность плит при статическом изгибе, МПа; y_2^T – содержание свободного формальдегида, %.

Используя методы поиска оптимальных величин переменных факторов и соответствующих им показателей эффективности, находим конкретные значения параметров режима склеивания (табл. 2).

Таблица 2 – Расчётные значения исследуемых параметров технологического режима склеивания плит

Исследуемые параметры режима склеивания	Обозначение	Размерность	Значения
Количество вводимого наполнителя	Н	масс. ч.	3,8
Давление плит пресса на пакет	Р	МПа	2,2
Температура плит пресса	Т	°С	180
Продолжительность прессования	Т	мин	7,5
Дисперсность частиц наполнителя	Д	мм	0,02
Прочность плит при статическом изгибе	Y_1	МПа	36,4
Содержание свободного формальдегида	Y_2	%	0,065

Шлаки являются активными наполнителями и обладают способностью ускорять процесс желатинизации фенолоформальдегидных смол и снижать содержание свободного формальдегида в готовой продукции с 0,18 до 0,065 %. Вводимый наполнитель существенно изменяет технологические свойства клея, поэтому для сохранения высокой жизнеспособности клеёв в производстве ДСП, уменьшения затупления режущего инструмента, его количество не должно превышать 5 масс. ч. от массы клея. В целях повышения эффективности наполнителя целесообразно фракционировать частицы. Рекомендуемые размеры частиц – от 0,02 мм до 0,03 мм. Введение шлага позволяет ускорить отверждение смол и сдвинуть начало процесса в зону низких температур, сократить продолжительность прессования и тем самым повысить производительность прессового оборудования. Ускорение процесса отверждения в древесностружечных плитах происходит из-за способности шлага вступать в химическое взаимодействие со свободным формальдегидом, его каталитических свойств. Полученные в результате экспериментальных исследований математические зависимости могут

быть использованы для расчёта количества вводимого наполнителя, его дисперсности и значений технологических параметров склеивания древесных клеёных материалов.

Литература:

1. *Варанкина Г.С., Русаков Д.С.* Модификация фенолоформальдегидной смолы побочными продуктами сульфатно-целлюлозного производства // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2013. № 204. – С. 130-137.
2. *Высоцкий А.В., Варанкина Г.С.* Высокоэффективная добавка в карбамидоформальдегидные связующие для производства низкотоксичных ДСтП. Деревообрабатывающая промышленность, №4, 1996 – 22-23 с.
3. *Русаков Д.С., Варанкина Г.С., Чубинский А.Н.* Модификация феноло- и карбамидоформальдегидных смол побочными продуктами производства целлюлозы // Клеи. Герметики, Технологии. 2017. № 8. – С. 16-21.
4. *Русаков Д.С., Чубинский А.Н., Русакова Л.Н., Варанкина Г.С.* Исследование свойств модифицированных фенолоформальдегидных клеев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 222. – С. 155-174. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.222.155-174.
5. *Соколова Е.Г.* Влияние модификатора в составе клеевых композиций на свойства готовой продукции / Материалы XXVIII международной научно-практической конференции Фундаментальные и прикладные науки сегодня 18-19 апреля 2022 г. Bengaluru, Karnataka, India. – С. 159-164.
6. *Соколова Е.Г.* Обоснование режимов склеивания шпона при производстве фанеры, изготовленной с применением меламинакарбамидоформальдегидных смол // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 222. – С. 175–187. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.222.175-187.
7. *Угрюмов С.А.* Способы модификации фенолоформальдегидных смол, применяемых в производстве клееных древесных материалов. Обзор. // Клеи. Герметики. Технологии. 2017. № 5. – С. 14-19.
8. *Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Брутян К.Г.* Совершенствование технологии склеивания фанеры // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2007. Вып. 179. – С. 167-175.
9. *Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Каменев В.П.* Современные тенденции в развитии производства низкотоксичных плитных материалов // Труды БрИИ: Материалы XIX научно-технической конференции. – Братск: БРиИ, 1998 г. – 159 с.
10. *Chubinsky A., Rusakov D., Varankina G., Brutian K., Fedyaev A.* Modification of urea- and phenol-formaldehyde adhesives by natural fillers for the production of plywood // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 316, IV Scientific-Technical Conference "Forests of Russia: Policy, Industry, Science And Education" 22–24 May 2019, St. Petersburg, Russia, 012023. DOI: 10.1088/1755-1315/316/1/012023.

11. Gogotov A.F., Varfolomeev A.A., Kanitskaya L.V., Sinegibskaya A.D., Rokhin A.V. On the synthesis and structure of resol phenol-formaldehyde resins // Russian Journal of Applied Chemistry. 2009. T. 82. № 6. – P. 1102-1105.

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

УДК 665.939.56

Опыт публичного акционерного общества «Тольяттиазот» по созданию производства карбамидоформальдегидного концентрата марки КФК-85 с улучшенным комплексом свойств

С.В. Афанасьев

ПАО «ТоАЗ»

Сообщается об опыте по созданию и внедрению КФК-85 в качестве компонента связующего, а также о различных технических решениях с его использованием: от средств тушения пожаров до удобрений пролонгированного действия. Приводятся ссылки на основные публикации.

Ключевые слова: карбамидоформальдегидный концентрат, гидроксиметильные производные карбамида, метиленгликоль, формальдегид, карбамид.

Современное развитие предприятий плитной продукции неразрывно связано с созданием в стране производства карбамидоформальдегидного концентрата (КФК). С вхождением в состав корпорации Тольяттиазот (ТоАЗ) Шекснинского комбината древесных плит оказался нерешённым вопрос его обеспечения связующим для выпуска плитной продукции. Используемый в то время метанолсодержащий 37 % формалин не мог быть применён в производстве смол по экологическим соображениям. Создалась критическая ситуация. Обращения за содействием в адрес НИИ, а также в ВУЗы, осталось без ответа. И тогда за решение проблемы взялась рабочая группа предприятия, которая в сжатые сроки решила важнейшую научно-техническую задачу не только для Шексны, но и для России в целом. Исчезли сотни тыс. т/год высокотоксичных формальдегидсодержащих стоков, подлежащих утилизации способом термической обработки [6]. Оздоровилась не только экологическая, но и экономическая обстановка на десятках предприятий деревообрабатывающей отрасли.

Параллельно с созданием нового инновационного продукта – карбамидоформальдегидного концентрата была решена и ещё одна задача, а именно, разработка технологии получения карбамидоформальдегидной смолы КФ-МТ-15 для выпуска высококачественной плитной продукции. Обе инновационных разработки были защищены патентами на изобретения. Это стало стартом для становления завода в качестве известного центра изобретательской деятельности в многочисленных направлениях.

Инновационный способ производства и основное технологическое оборудование подробно описаны в трёх монографиях, многочисленных научных статьях и патентах [3, 5, 7]. Лидирующие позиции Тольяттинского завода в создании уникальной технологии признаны известной английской фирмой Джонсон Матти.

При этом важно отметить, что объектами патентования стали не только технологии получения карбамидоформальдегидного концентрата, но и широкого ассортимента продукции различного назначения на его основе, конструкции аппаратов, способы контроля производства. В частности, массовое содержание формальдегидсодержащих продуктов в КФК-85 на всех действующих установках также осуществляется на основании использования патента на изобретение RU №2339035.

За прошедшие годы было построено 5 установок различной мощности. Из них две по 6 тыс. т/год были выведены из эксплуатации по мере строительства более крупных технологических линий. В 2007 году было поставлено и смонтировано оборудование от фирмы Персторп, но и эта установка вписывалась в те патенты на изобретения, которые получил Тольяттиазот [9].

Развитие и совершенствование производства КФК-85 шло параллельно с созданием крупного современного цеха смол на Шекснинском комбинате древесных плит, высококачественная продукция которого со временем стала поставляться крупной немецкой фирме в Ивановской и Смоленской областях (табл. 1).

Таблица 1 – Установки КФК-85, построенные на площадке ПАО «ТоАЗ»

Мощность установки КФК-85, тыс. т / год	Год ввода в эксплуатацию
6	1997
6	2000
25	2003
25	2005
147	2007

В числе важных направлений использования карбамидоформальдегидного концентрата могут быть названы:

- огнезащитные составы для древесины и средства для тушения лесных пожаров. Написана монография «Теория и практика огнезащиты древесины», издан масштабный учебник по поручению Минобороны «Пожарная безопасность технологических процессов» объёмом 521 стр., который стал достоянием подразделений МЧС, многих промышленных предприятий и ВУЗов.

- ингибитор коррозии, компонент для очистки нефти от сероводорода, связующие смолы для изготовления формовочных смесей на металлургическом производстве;

- антислёживающая добавка к карбамиду, внедрённая на ТоАЗе и на других предприятиях;

- компонент для изготовления гелевых стержней для очистки магистральных трубопроводов от отложений на объектах Транснефть;

- реагент в производстве удобрений пролонгированного действия и др.

Все перечисленные инновации защищены многочисленными патентами ПАО «ТоАЗ».

Каким требованиям должен отвечать производимый КФК-85? Остановимся на некоторых из них (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели качества КФК-85, производимого в ПАО «ТоАЗ»

Наименования показателя	Норма
Массовая доля общего карбамида, % мас.	24,0...25,5
Массовая доля общего формальдегида, % мас.	59,0...60,5
Мольное соотношение формальдегид / карбамид	4,6 / 5,0
Цвет по шкале Арна при температуре от 2 до 25 °С, не более	40
Содержание уроновых производных, % мас., не более	10
Концентрация ионов водорода при 20 °С, ед. рН	6,8...9,0
Буферная ёмкость, мл, не более	12...18

Первое. Производимый продукт является сложной композицией из смеси гидроксиметильных групп карбамида (моно-, ди- и три-) и метиленгликоля. Этот важный момент подтверждён в ходе исследований данного продукта с участием мощнейшей исследовательской базы Института катализа СО РАН с применением спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР) высокого разрешения. На данную тему подготовлен ряд научных статей, размещённых в высокорейтинговых журналах. Что касается формальдегида, то непрореагировавшая с карбамидом часть связывается водой в метиленгликоль [1, 2].

Подобный подход отражён в действующем паспорте безопасности на КФК-85, а также при получении регистрационного свидетельства REACH в Евросоюзе. Проведённая в отечественных и зарубежных организациях экспертиза предоставленных данных подтвердила правильность научных исследований и сделанных выводов.

Среди гидроксиметильных производных карбамида в КФК-85 доминируют тригидроксиметилкарбамиды. Все три мономера образуются в результате взаимодействия газообразного формальдегида и водного раствора карбамида, которые поступают в колонну абсорбции.

В составе полученного карбамидоформальдегидного концентрата марки КФК-85 не отмечено присутствие свободного карбамида.

Второе. Цветность продукта. Используемый в технологическом процессе гидроксид натрия должен иметь минимальное содержание гидроокисей щелочноземельных металлов, соединений свинца и олова. Во избежание окрашивания КФК-85 в ПАО «ТоАЗ» строго придерживаются этого требования.

Третье. Образование циклических уроновых производных (рисунок) обусловлено условиями проведения хемосорбционного процесса.

Содержание уронов в КФК-85 является важным показателем, так как эти производные обнаружены в продукции различных изготовителей.

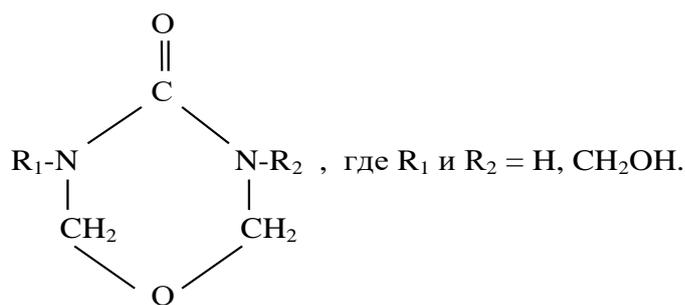


Рисунок. Уроновые производные

С использованием промышленной установки получения карбаминоформальдегидного концентрата была исследована взаимосвязь концентрации уронов с параметрами ведения технологического процесса (рН, мольное соотношение формальдегид : карбамид). Это иллюстрируется данными табл. 3 (концентрация аммиака в растворе карбамида,

подаваемого в абсорбционную колонну, составляла 2 % мас.).

Таблица 3 – Влияние условий получения карбаминоформальдегидного концентрата на суммарное содержание уронов и триазинов.

рН по секциям колонны	Мольное соотношение формальдегид : карбамид	Содержание уронов и триазинов, % мас.
7,60	2,80	0
7,70	3,00	1,0
8,05	3,20	3,0
8,20	3,38	4,5
8,30	3,60	5,3
8,54	3,80	6,4
8,57	4,14	13,8
8,59	5,00	15,2
8,60	5,25	22,0
8,96	5,50	31,5
9,27	5,53	36,0

Из неё следует, что с повышением рН и мольного соотношения формальдегид : карбамид по нижним секциям абсорбционной колонны, в карбаминоформальдегидном концентрате возрастает содержание циклических соединений и, прежде всего уроновых производных, что подтверждено данными спектроскопии ЯМР.

Указанные соединения играют позитивную роль при обработке выпускаемого карбамида с целью предотвращения его слёживаемости при хранении и транспортировке. Эффект обусловлен раскрытием циклов при контакте КФК-85 с плавом карбамида в грануляционной башне. Подобное явление также реализуется и в случае варки смолы для плитной продукции на предприятиях деревообработки, что также подтверждено проведёнными в ПАО «ТоАЗ» исследованиями.

В результате этого взаимодействия урон превращается в карбаминоформальдегидное производное, образующееся и с участием ди- и тригидроксиметилкарбамида, входящего в состав КФК-85.

На основе проведённых исследований сделан важный вывод, что содержание уронов в КФК-85 в пределах ниже 10 % мас. не оказывает негативного влияния на качество получаемых смол.

Четвёртое. Буферная ёмкость КФК-85 и её влияние на качество смолы. На начальной стадии внедрения в цехе смол на Шекснинском комбинате древесных плит наблюдались частые «закозления» содержимого реактора в процессе варки смолы. Ситуация была тщательно проанализирована. Оказалось, что используемый при этом КФК-80 в большинстве случаев имел пониженное значение буферной ёмкости.

Его величина на производственных установках регулируется количеством подаваемой щёлочи в абсорбционную колонну для связывания карбамида и формальдегида в гидроксиметильные производные карбамида. Чрезмерное снижение буферной ёмкости является нежелательным, так как поверхность абсорбера начинает постепенно обрастать смолообразными продуктами, очистка от которых весьма затруднительна.

Стабилизация буферной ёмкости КФК-85 может осуществляться двумя способами. Первый основан на подаче в колонну абсорбции наряду с едким натром небольшого количества тринатрийфосфата [8]. На практике широкое распространение получил другой альтернативный вариант. Вместо хлорида аммония и муравьиной кислоты на кислой стадии синтеза смолы используют более мягкий реагент – сульфат аммония, а также ввод так называемой буферной добавки. Инновация защищена патентом на изобретение RU №2174523 [7] и до сих пор применяется в производственном процессе.

В чём суть предлагаемого технического решения? В качестве буферной добавки рекомендовано использовать декагидрат тетрабората натрия, тринатрий фосфат или другие продукты, которые вводятся совместно с КФК-85 в реакционную смесь в процессе получения смолы – на щелочной стадии в количестве 0,1...0,2 мас. % в расчёте на карбамидоформальдегидный концентрат и столько же после кислой стадии совместно со второй порцией карбамида.

Инновационный приём позитивно отразился на производстве и свойствах синтезируемой смолы. Прекратились её «закозления», она стала более однородной по качеству, стабилизировались и показатели производимой плитной продукции на Шекснинском комбинате древесных плит.

На основании этого можно сделать вывод, что буферную ёмкость КФК-концентрата целесообразнее регулировать не на стадии его синтеза, а при получении смолы на его основе путём добавки вышеуказанных реагентов [4].

Пятое. Ныне выпускаемый в ПАО «ТоАЗ» КФК-85 характеризуется высоким уровнем качества, отвечающего требованиям его потребителей в России и за рубежом.

Литература.

1. *Афанасьев С.В.* и др. Изучение состава карбамидоформальдегидного концентрата КФК-85 методами ^1H , ^{13}C и ^{15}N ЯМР-спектроскопии // Древесные плиты: теория и практика / Под ред. А.А. Леоновича: 12-я междунар. науч.-практ. конф., 18-19 марта 2019 г. – СПб.: СПбГЛТА, 2019. – С. 48-53.

2. *Афанасьев С.В.* и др. Об информативности показателей качества КФК-85 // Состояние и перспективы развития производства древесных плит / 14-я

междунар. науч.-практ. конф., 17-18 марта 2019 г. – Балабаново. ЗАО «ВНИ-ИДРЕВ», 2010. – С. 121-128.

3. *Афанасьев С.В., Махлай С.В.* Карбамидоформальдегидный концентрат. Технология. Переработка. Монография. – Самара: СНЦ РАН, 2012. – 298 с.

4. *Афанасьев С.В., Митин Е.А.* Создания производства карбамидоформальдегидного концентрата марки КФК-85 и способы управления его качеством / Химагрегаты. Специализированный журнал по химоборудованию. 2022. №4. – С. 22-24.

5. *Афанасьев С.В., Садовников А.А., Гартман В.Л., Обысов А.В., Дульнев А.В.* Каталитические процессы в газохимии. Монография. Под ред. д.т.н. С.В. Афанасьева. – Самара: СНЦ РАН, 2021. – 244 с.

6. *Махлай В.Н., Афанасьев С.В.* Химия и технология карбамидоформальдегидного концентрата. Монография. – Самара: СНЦ РАН, 2007. – 234 с.

7. Патент RU № 2174523. МПК C08G 12/12 Способ получения карбамидоформальдегидной смолы / С.В. Афанасьев, В.Н. Махлай, Барышева М.А., Наквасин А.И. – №2000108592/04 : заявл. 10.04.2000 : опубл. 10.10.2001

8. Патент RU № 2196147. МПК C08G 12/12. Способ получения карбамидоформальдегидного концентрата / С.В. Афанасьев, В.Н. Махлай, В.А. Семёнова. – № 2001102173/04 : заявл. 25.01.2001 : опубл. 10.01. 2003 : бюл. №1.

9. Патент RU № 2418008. МПК C08G 12/00, C08G 12/12, C07C 47/052, C07C 47/055.Способ получения карбамидоформальдегидного концентрата / В.Н. Махлай, С.В. Афанасьев, и др. – №2009137455 : заявл. 09.10.09 : опубл. 10.05.11 : бюл. №13.

УДК 665.939.56

Возможности спектроскопии ядерного магнитного резонанса при анализе формальдегидсодержащих смол

Д.В. Иванов, Д.Н. Воронин, А.М. Федорова

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

Раскрываются возможности спектроскопии ядерного магнитного резонанса при анализе феноло- и карбамидоформальдегидных смол. Приводятся химические сдвиги ядер ^{13}C , характерные для компонентов смол, рассматриваются возможности качественного и количественного анализа на примере лабораторных смол марок СФЖ-3014 и КФ-МТ-15.

Ключевые слова: спектроскопия ЯМР, качественный анализ, количественный анализ, фенолоформальдегидная смола, карбамидоформальдегидная смола.

Синтетические формальдегидсодержащие смолы в настоящее время являются распространёнными продуктами, применяемыми во многих отраслях промышленности в качестве главных составляющих клеёв и связующих. Решающее значение на свойства смол оказывает структура их основных компонентов

– олигомеров. Управлять структурой олигомеров можно меняя рецептуру смол, режимы синтеза, содержание и вид катализаторов и тому подобное. Однако вызывает сложность вопрос корректного отслеживания химического состава образующихся соединений. Традиционные химические методы имеют очевидные ограничения и плохо подходят для решения такой задачи, поэтому в последнее время многие исследователи обращаются к инструментальным методам, среди которых всё бóльшую популярность набирает спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР). В рамках статьи рассмотрим возможности метода при анализе феноло- и карбаминоформальдегидных смол (ФФС и КФС соответственно), как наиболее распространённых в технологиях древесных плит и фанеры.

Суть метода заключается в выявлении магнитных ядер (^1H , ^{13}C , ^{19}F и т.д.), имеющих определённую резонансную частоту, в тех или иных химических соединениях. Так, например, ядра ^1H в радиочастотном магнитном поле дают разные сигналы (имеют разный химический сдвиг) в зависимости от своего окружения, что позволяет отличить, например, ядра, относящиеся к гидроксильным группам от ядер, относящихся к метильным группам.

Хотя при анализе органических соединений наиболее информативной считают спектроскопию ЯМР ^1H [2], применительно к специфике формальдегидсодержащих смол, чаще используют спектроскопию ЯМР ^{13}C . Как правило, это связано с тем, что все используемые в промышленности смолы представляют собой водные растворы. Это сильно затрудняет чтение спектров ЯМР ^1H и даже делает их неинформативными (сигналы воды перекрывают сигналы многих ядер водорода компонентов смол).

Спектры ЯМР ^{13}C органических соединений представляют собой шкалу химических сдвигов от 0 до приблизительно 220 миллионов долей (м.д.). На шкале расположены сигналы (пики), по локализации которых можно отличить ядра углерода разных групп. Важной особенностью спектров ЯМР является возможность измерить площадь каждого пика (провести, так называемое интегрирование), которая прямо пропорциональна числу обнаруженных ядер. Таким образом, спектроскопия ЯМР открывает возможности, как к качественному, так и к количественному анализу.

Отдельно следует отметить, что для регистрации спектров ЯМР требуется использование специальных растворителей, в которых протон замещён на дейтерий (случай твёрдотельной спектроскопии в рамках статьи не рассматриваем). При подготовке пробы к анализу, навеску смолы смешивают с таким растворителем. Так, при изучении ФФС, удобнее использовать дейтерированную воду [9], так как вода не даёт собственных сигналов из-за отсутствия ядер углерода. При анализе КФС, из-за не полной растворимости её компонентов в воде, чаще используют диметилсульфоксид (ДМСО), поскольку его сигналы, как правило, не совпадают с сигналами компонентов смолы.

Накопленный опыт изучения синтетических смол методом спектроскопии ЯМР ^{13}C в сочетании с расчётами сигналов, характерных для компонентов ФФС и КФС, позволил обнаружить области, в которых локализованы ядра углерода, относящиеся к тем или иным группам (табл. 1 и 2).

Таблица 1 – Сигналы атомов углерода в спектре ЯМР ^{13}C , характерные для фенолоформальдегидной смолы

Структура	Химический сдвиг, м.д.	Источник
Производные формальдегида		
Метиленовые связи		
орто- CH_2 -орто	30,0...31,4	[12], [8]
орто- CH_2 -пара	33,0...35,9	[12], [8]
пара- CH_2 -пара	39,0...41,0	[12], [8]
Диметиленэфирные связи		
$\text{Ф}-\text{C}\text{H}_2-\text{O}-\text{C}\text{H}_2-\text{Ф}$	70,0...72,0	[8]
$\text{Ф}-\text{C}\text{H}_2-\text{O}-\text{C}\text{H}_2\text{OH}$	65,67...70,56	[12]
$\text{Ф}-\text{C}\text{H}_2-\text{O}-\text{C}\text{H}_2\text{OH}$	88,0...90,0	[12]
Гидроксиметильные группы		
орто- $\text{C}\text{H}_2\text{OH}$	61,4...61,5	[12]
диорто- $\text{C}\text{H}_2\text{OH}$	61,6...62,3	[12]
пара- $\text{C}\text{H}_2\text{OH}$	63,0...66,0	[8], [9]
Свободный формальдегид		
$\text{HO}-\text{C}\text{H}_2-\text{OH}$	81,0...83,0	[8]
$\text{HO}-\text{C}\text{H}_2-\text{O}-\text{C}\text{H}_2-\text{OH}$	85,0...87,0	[8]
$\text{HO}-\text{C}\text{H}_2-\text{O}-\text{C}\text{H}_2-\text{O}-\text{C}\text{H}_2-\text{OH}$	90,0...91,0	[8]
Ароматическое кольцо		
Свободные реакционные центры		
свободное орто-положение	115,0...119,0	[8]
свободное пара-положение	120,0...124,0	[8]
Замещённые реакционные центры и мета-положение	127,6...133,9	[12]
Углерод, связанный с атомом кислорода	155,0...164,0	[9], [1]
Прочее		
Метанол	49,0...50,0	[8]
Формиат-ион	170,0...172,0	[1]

Рассматривая химические сдвиги, характерные для ФФС, можно выделить зоны, где локализованы сигналы, относящиеся к метиленовым и диметиленэфирным связям, гидроксиметильным группам и т.п. Причём возможно определить даже тип связи – между ортоположениями фенола (орто–орто), орто- и пара-положением (орто–пара) и т.п. То же самое относится и к гидроксиметильным группам: можно установить к какому положению фенола эта группа относится. Любопытной особенностью является способность гидроксиметильных групп, занимающих два орто-положения (диорто– по табл. 1), давать собственные сигналы в области 61,6...62,3 м.д., что позволяет отличать фенолспирты и фенолоформальдегидные олигомеры (ФФ-олигомеры) с одним замещённым орто-положением от соединений с двумя замещёнными орто-положениями.

Рассматривая ядра углерода, относящиеся к ароматическому кольцу, важно отметить сигналы в области 115...124 м.д., где локализованы свободные орто– и пара-положения. Присоединение формальдегида смещает сигналы в область 128...134 м.д. Необходимо отметить, что идентифицировать отдельные ядра в этой области крайне непросто, так как сигналы сливаются друг с другом и с сигналами ядер углерода в мета-положении. По этой причине некоторые исследователи [12] предпочитают рассматривать область 128...134 м.д. в целом

Таблица 2 – Сигналы атомов углерода в спектре ЯМР ^{13}C , характерные для карбаминоформальдегидной смолы [7, 13]

Структура	Химический сдвиг, м.д.
Производные формальдегида	
Метиленовые связи	
$-\text{NH}-\underline{\text{C}}\text{H}_2-\text{NH}-$ (тип I)	46...47
$-\text{NH}-\underline{\text{C}}\text{H}_2-\text{N}=\text{}$ (тип II)	53...54
$=\text{N}-\underline{\text{C}}\text{H}_2-\text{N}=\text{}$ (тип III)	60...61
Диметиленэфирные связи	
$-\text{NH}-\underline{\text{C}}\text{H}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{NH}-$ (тип I)	68...69
$-\text{NH}-\underline{\text{C}}\text{H}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{N}=\text{}$ (тип II)	75...76
$=\text{N}-\underline{\text{C}}\text{H}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{N}=\text{}$ (тип III)	78...80
Гидроксиметильные группы	
$-\text{NH}-\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{OH}$ (тип I)	64...65
$=\text{N}-\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{OH}$ (тип II)	70...71
Свободный формальдегид	
$\text{HO}-\underline{\text{C}}\text{H}_2-\text{OH}$	83...84
$\text{HO}-\underline{\text{C}}\text{H}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{OH}$	86...87
$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{O}-\underline{\text{C}}\text{H}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{OH}$	90...91
$-\text{NH}-\underline{\text{C}}\text{H}_2-\text{O}-\text{CH}_3$	72...73
Карбонильный углерод	
$\text{H}_2\text{N}-\underline{\text{C}}\text{O}-\text{NH}_2$	163...164
$\text{H}_2\text{N}-\underline{\text{C}}\text{O}-\text{NH}-$	161...162
$-\text{NH}-\underline{\text{C}}\text{O}-\text{NH}-$	159...160
Уроновая структура	153...158
Прочее	
Метанол	
$-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{O}-\underline{\text{C}}\text{H}_3$	49...50
	56...57

Практически такие же широкие возможности в качественном анализе смолы представляют спектры ^{13}C КФС. Сигналы атомов углерода компонентов КФС хорошо изучены [7, 13] и идентифицируются так же легко, как при анализе ФФС (табл. 2). При качественном анализе КФС возможно установить наличие в структуре компонентов смолы уроновых циклов, метоксильных групп, отделить свободный карбамид и его гидроксиметильные производные от карбаминоформальдегидных олигомеров (КФ-олигомеров) и т.п.

Синтез вели по классическим режимам [5] и следующим рецептурам, масс. ч.:

	СФЖ-3014	КФ-МТ-15
Карбамид основной.....	–	100
Фенол.....	100	–
Формалин концентрацией 37 %.....	206	265
Раствор гидроксида натрия концентрацией 42 %.....	72,2	0,3
Раствор сульфата аммония концентрацией 20 %.....	–	0,3
Карбамид дополнительный.....	–	62
Вода.....	26,8	–

Для демонстрации возможностей метода были синтезированы две лабораторные смолы: ФФС марки СФЖ-3014 (200 г) и КФС марки КФ-МТ-15 (246 г). В качестве исходных веществ при синтезе использовали фенол чистый для ана-

лиза (ЧДА) по ТУ 6-09-40-3245–90, формалин марки ФМ по ГОСТ 1625–2016, гидроксид натрия ЧДА по ГОСТ 4328–77, сульфат аммония ЧДА по ГОСТ 3769–78, карбамид технический марки А по ГОСТ 2081–2010. При синтезе КФС вакуум-сушку не проводили.

При анализе ФФС определяли массовую долю сухого остатка, условную вязкость по ВЗ-4, продолжительность желатинизации при 160 °С (всё по ГОСТ 20907–2016), концентрацию водородных ионов (рН) с использованием прибора рН-410, содержание свободных фенола и формальдегида методом отгонки паром согласно ГОСТ 20907–75. Результаты анализа ФФС приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Физико-химические свойства лабораторной фенолоформальдегидной смолы

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля сухого остатка, %	46,1
Условная вязкость, с	39
Концентрация водородных ионов (рН)	10,9
Время желатинизации при 160 °С, с	80
Масс. доля свободного фенола, %	0,07
Масс. доля свободного формальдегида, %	0,01

При анализе КФС определяли массовую долю сухого остатка высушиванием и по коэффициенту рефракции (рефрактометр ИРФ-454Б), условную вязкость по ВЗ-4, концентрацию водородных ионов (рН) с использованием прибора рН-410, время желатинизации при 100 °С (всё по ГОСТ 14231–88), массовые доли свободного формальдегида и гидроксиметильных групп по методикам описанным в пособии [3]. Результаты анализа приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Физико-химические свойства лабораторной карбамидоформальдегидной смолы

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля сухого остатка, %, определённая:	
– методом высушивания	55,3
– по коэффициенту рефракции	55,2
Условная вязкость, с	19
Концентрация водородных ионов (рН)	8,3
Время желатинизации при 100 °С, с	62
Масс. доля свободного формальдегида, %	0,20
Масс. доля гидроксиметильных групп, %	12,3

В качестве растворителей при подготовке образцов к получению спектров ЯМР ¹³С использовали дейтерированную воду при анализе ФФС и ДМСО при анализе КФС. 300 мкл смол смешивали с 150 мкл растворителя. Анализ проводили на спектрометре «Bruker» при частоте 100 МГц, проводили 1024 измерений в течение 1 ч. Химические сдвиги рассчитывали относительно ДМСО-d₆. Спектр ФФС приведён на рис. 1, КФС на рис. 2.

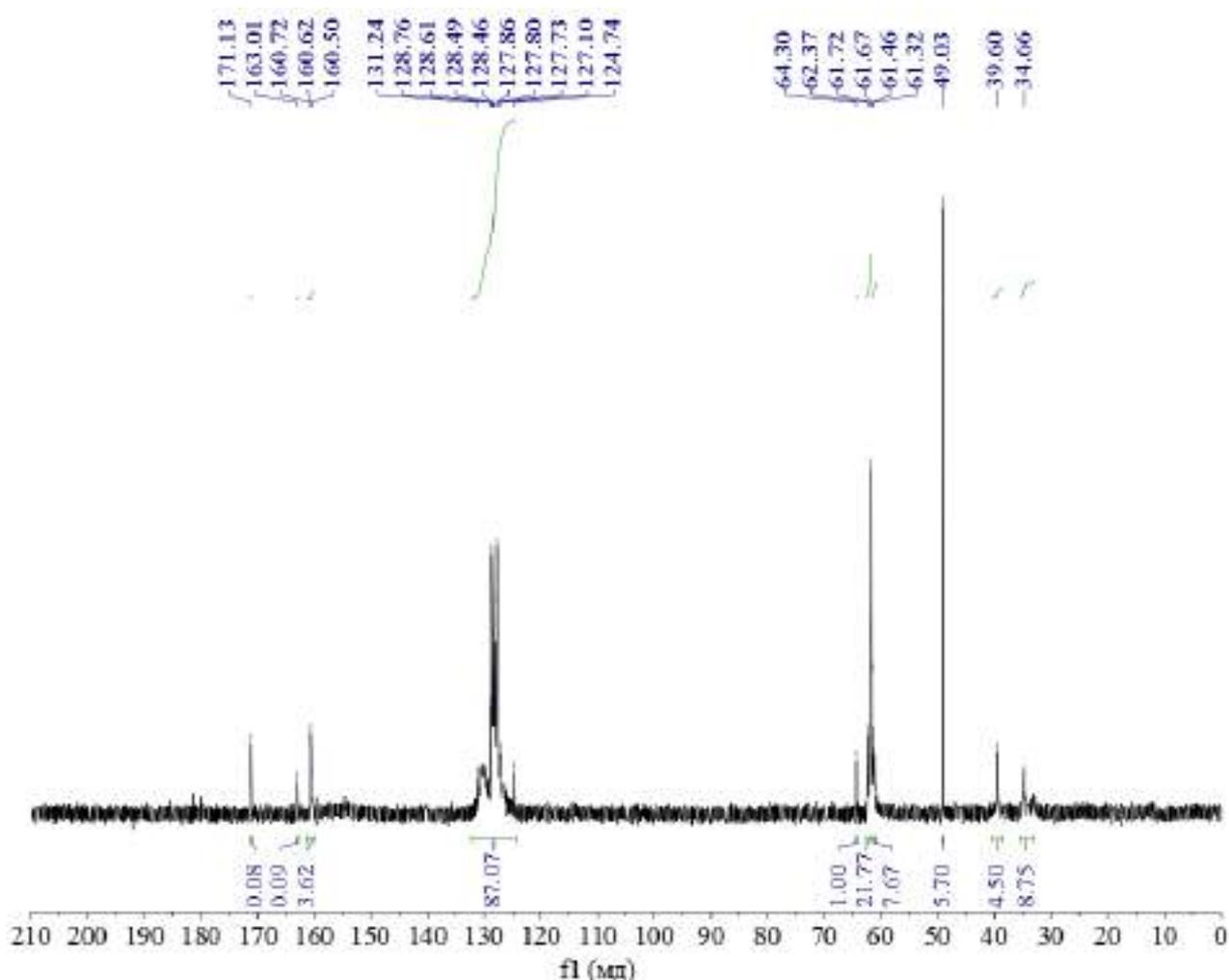


Рис. 1. Спектр ЯМР ^{13}C лабораторной фенолоформальдегидной смолы (1000 МГц, D_2O)

Согласно данным рис. 1, лабораторная смола марки СФЖ-3014 имеет не все сигналы, приведённые в табл. 1. Отсутствуют метиленовые связи между орто-положениями, какие-либо диметиленэфирные связи, свободный формальдегид и свободные реакционные центры. Даже таких предварительных данных достаточно для того, чтобы сделать некоторые выводы по структуре смолы, например, сказать, что синтезированные ФФ-олигомеры имеют линейную структуру и образованы только метиленовыми связями пара-пара и орто-пара.

Нельзя не отметить, что данные рис. 1 вызывают и ряд вопросов, главным образом, связанных с отсутствием сигналов, характерных для свободных фенола и формальдегида. Получается, что результаты спектроскопии ЯМР свидетельствуют об отсутствии этих соединений в лабораторной смоле, что вступает в противоречие как с результатами химического анализа (табл. 3), так и с опытом, накопленным промышленностью за всё время её существования.

Рассматривая спектр лабораторной КФС (рис. 2) можно видеть, что полученные результаты, в основном, подтверждают классические представления о строении компонентов смолы КФ-МТ-15. КФ-олигомеры образованы за счёт как метиленовых, так и диметиленэфирных связей, уроновых циклов и метоксильных групп нет, свободный формальдегид присутствует в виде метандиола.

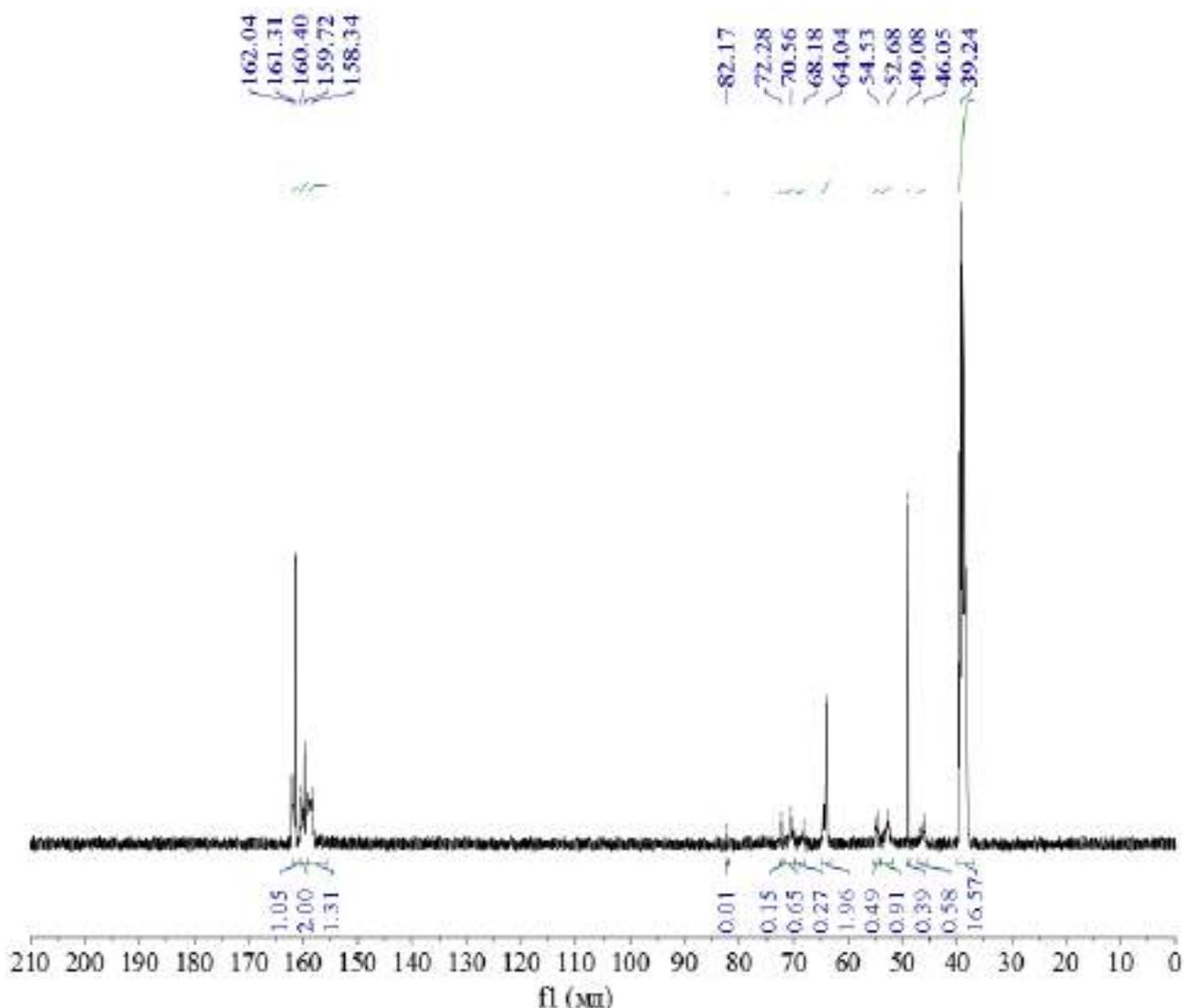


Рис. 2. Спектр ЯМР ^{13}C лабораторной карбамидоформальдегидной смолы (1000 МГц, ДМСО- d_6)

Приведёнными примерами возможности качественного анализа не ограничиваются, однако, применительно к КФС, имеет смысл кратко затронуть возможности количественного анализа. Как правило, исследователи рассчитывают долю однотипных ядер, принимая за 100 %, чаще всего сумму площадей пиков всех производных формальдегида, то есть ядер групп, в которые превратился формальдегид [10, 11]. Такой подход позволяет по удобным значениям судить о соотношениях тех или иных групп, что в свою очередь делает возможным, например, отследить превращения компонентов на различных этапах синтеза [14, 15], оценить влияние метанола на структуру компонентов смолы [15], установить разницу в строении смол, изготовленных с использованием формалина или карбамидоформальдегидного концентрата [6], и т.п.

Представляется интересным несколько усложнить эту методику и помимо рассмотрения ядер углерода внутри производных формальдегида рассматривать ещё и доли ядер, принимая за 100 % весь обнаруженный углерод (табл. 5).

Зная рецептуру смолы или содержание общего органического углерода, такая методика позволяет перейти от соотношения между ядрами к соотноше-

нию между группами и даже вычислить массовую долю того или иного соединения или фрагмента молекулы относительно товарной или абс. сух. смолы.

Таблица 5 – Доли ядер углерода, относящиеся разным группам компонентов карбаминоформальдегидной смолы

Структура	Доля ядер, %
Производные формальдегида	51,38
	<u>100</u>
Метиленовые связи	20,27
–NH–CH ₂ –NH–	39,44
–NH–CH ₂ –NH=	11,55
	27,89
Диметиленэфирные связи	2,76
–NH–CH ₂ –O–CH ₂ –NH–	5,38
	5,38
Гидроксиметильные группы	28,25
–NH–CH ₂ OH	54,98
=N–CH ₂ OH	39,04
	15,94
Свободный формальдегид	0,10
HO–CH ₂ –OH	0,20
	0,20
Метанол	3,99
Карбонильный углерод	44,63
Итого	100

Примечание: обычным шрифтом обозначены доли ядер углерода, рассчитанные относительно суммы площадей пиков производных формальдегида; полужирным шрифтом обозначены доли ядер углерода, рассчитанные относительно суммы площадей пиков общего углерода.

Например, для того, чтобы определить долю гидроксиметильных групп в лабораторной смоле необходимо сначала рассчитать общую массу углерода ($m_{\text{общ}}^C$, г) в реакционной смеси. Отталкиваясь от классической рецептуры КФ-МТ-15 при условии, что синтезировали 246 г смолы, масса углерода составит 44,70 г. Зная $m_{\text{общ}}^C$, можно рассчитать массу углерода, относящегося к гидроксиметильным группам ($m_{\text{МГ}}^C$, г):

$$m_{\text{МГ}}^C = \frac{m_{\text{общ}}^C \cdot \omega_{\text{МГ}}^C}{100}, \quad (1)$$

где $\omega_{\text{МГ}}^C$ – доля ядер углерода гидроксиметильных групп согласно данным ЯМР (по табл. 5).

$$m_{\text{МГ}}^C = \frac{m_{\text{общ}}^C \cdot 28,25}{100} = 12,63 \text{ г.}$$

Зная массу углерода гидроксиметильных групп можно рассчитать массу самой группы ($m_{\text{МГ}}$, г):

$$m_{\text{МГ}} = \frac{m_{\text{МГ}}^{\text{C}} \cdot M_{\text{МГ}}}{M^{\text{C}}}, \quad (2)$$

где $M_{\text{МГ}}$ – молярная масса гидроксиметильной группы, г/моль; M^{C} – молярная масса атома углерода, г/моль (принимая, что массу атома на 99,9 % составляет ядро, массой электронов пренебрегаем).

$$m_{\text{МГ}} = \frac{12,63 \cdot 31,04}{12,01} = 32,63 \text{ г.}$$

Зная массу гидроксиметильных групп, рассчитываем их массовую долю относительно товарной смолы ($\omega_{\text{МГ}}$, %):

$$\omega_{\text{МГ}} = \frac{m_{\text{МГ}} \cdot 100}{m_{\text{см}}}, \quad (3)$$

где $m_{\text{см}}$ – масса товарной смолы (принимаем 246 г), г.

$$\omega_{\text{МГ}} = \frac{32,62 \cdot 100}{246} = 13,3 \%$$

Полученный результат на 96 % совпадает с данными химического анализа (12,7 % согласно данным табл. 4), что можно считать удовлетворительным результатом. Однако предлагаемая методика работает хуже при определении массовой доли свободного формальдегида; если провести аналогичный расчёт, то результат будет составлять 0,05 %, что отличается от результатов химического анализа в 4 раза. Это обстоятельство также требует дополнительного изучения.

При расчёте содержания компонентов смолы было бы корректнее отталкиваться от общего содержания углерода, рассчитанного не по рецептуре смолы, а определённого экспериментально. Однако такой подход требует дополнительного анализа, что существенно усложняет методику. Для получения быстрого результата можно пользоваться приведённым расчётом.

Аналогично, методику можно использовать для расчёта компонентов ФФС (результаты количественного анализа приведены в табл. 6), однако следует учитывать, что при определении массовой доли гидроксиметильных групп в ФФС расчёт ведут относительно не товарной, а абс. сух. смолы.

Необходимо скорректировать формулу (3) с учётом концентрации смолы:

$$\omega_{\text{МГ}} = \frac{m_{\text{МГ}} \cdot 100}{m_{\text{см}} \cdot C_{\text{см}}}, \quad (4)$$

где $m_{\text{МГ}}$ – масса гидроксиметильных групп, г (отталкиваясь от рецептуры смолы, 30,72 г), $m_{\text{см}}$ – масса товарной смолы, г (принимаем 200 г); $C_{\text{см}}$ – концентрация смолы (46,1 % согласно данным табл. 3).

$$\omega_{\text{МГ}} = \frac{30,72 \cdot 10000}{200 \cdot 46,1} = 33,3 \%$$

Таблица 6 – Доли ядер углерода, относящиеся к разным группам компонентов фенолоформальдегидной смолы

Структура	Доля атома углерода, %
Производные формальдегида	31,17 <hr/> 100
Метиленовые связи	9,46 <hr/> 30,34
орто–СН ₂ –пара	20,05
пара–СН ₂ –пара	10,30
Гидроксиметильные группы	21,71 <hr/> 69,66
орто–СН ₂ ОН	17,55
диорто–СН ₂ ОН	49,82
пара–СН ₂ ОН	2,29
Зам. реакц. центры и метаположен.	62,11
Углерод гидроксильной группы	2,58
Метанол	4,07
Формиат-ион	0,06
Итого	100

Примечание: обычным шрифтом обозначены доли ядер углерода, рассчитанные относительно суммы площадей пиков производных формальдегида; полужирным шрифтом обозначены доли ядер углерода, рассчитанные относительно суммы площадей пиков общего углерода.

Химическими методами массовую долю гидроксиметильных групп не определяли, однако согласно литературным данным их содержание составляет 29...32 % [4], что на 87...96 % совпадает с результатами расчёта. Довольно близкие значения, полученные из литературных данных, путём классического химического анализа и количественно анализа с использованием спектроскопии ЯМР ¹³С говорит о жизнеспособности предлагаемой методики.

Таким образом, использование спектроскопии ЯМР позволяет значительно расширить возможности инженеров и исследователей в анализе формальдегидсодержащих смол. Качественный анализ позволяет установить структуру получаемых олигомеров, типы функциональных групп и связей между структурными остатками, определить наличие побочных продуктов синтеза. Количественный анализ позволяет определить соотношение между разнотипными ядрами ¹³С и группами, в которые эти ядра входят. Отталкиваясь от рассчитанных соотношений, представляется возможным расчёт массовых долей обнаруженных функциональных групп относительно как товарной, так и абс. сух. смолы. Результаты такого расчёта близки к результатам, полученным традиционными методами.

Литература:

1. Варфоломеев А.А., Синегибская А.Д., Гоготов А.Ф., Каницкая Л.В., Рохин А.В. Фенолформальдегидные смолы, модифицированные лигнином. Новые аспекты реакции // Химия растительного сырья. 2009. № 3. – С. 11-16.

2. *Каратаева Ф.Х., Клочков В.В.* Спектроскопия ЯМР в органической химии. Часть I. Общая теория ЯМР. Химические сдвиги ^1H и ^{13}C : Учебное пособие // Казанский федеральный университет. Казань. 2013. – 129 с.
3. *Кастерина Т.Н., Калинина Л.С.* Химические методы исследования синтетических смол и пластических масс. – М.: Госхимиздат, 1963. – 288 с.
4. *Кондратьев В.П., Доронин Ю.Г.* Водостойкие клеи в деревообработке. – М.: лесн. пром-сть, 1988. – 216 с.
5. *Кондратьев В.П., Кондращенко В.И.* Синтетические клеи для древесных материалов. – М.: Научный мир, 2004. – 320 с.
6. *A. Dorieh, N. Mahmoodi, M. Mamaghani, A. Pizzi, M. Mohammadi Zeydi.* Comparison of the properties of urea-formaldehyde resins by the use of formalin or urea-formaldehyde condensates // *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2018. № 32(23). – P. 1-15. DOI: 10.1080/01694243.2018.1492780.
7. *Angelatos A., Burgar M., Dunlop N.F., Separovic F.* NMR structural elucidation of amino resins // *Jornal of Applied Polymer Science*. 2004. no. 91(6). – P. 3504-3512. DOI:10.1002/app.13538.
8. *Cao M., Li T., Liang J., Wu Z., Zhou X. Du G.* A ^{13}C NMR study on the 1,3-dimethylolurea-phenol co-condensation reaction: A model for amino-phenolic condensed resin synthesis // *Polymer*. 2016. no 8(11). – P. 391. DOI: 10.3390/polym8110391.
9. *Grenier-Loustalot M.F., Larroque S., Grenier P., Leca, J.P., Bedel D.* Phenolic resins: 1. Mechanisms and kinetics of phenol and of the first polycondensates towards formaldehyde in solution // *Polymer*. 1994. no 35. – P. 3046-3054. DOI: 10.1016/0032-3861(94)90418-9.
10. *Kim M.G.* Examination of selected synthesis parameters for typical wood adhesive-type urea-formaldehyde resins by C-13-NMR spectroscopy. II // *Journal of Applied Polymer Science*. 2000. no. 75. – P. 1243-1254. DOI: 10.1002/(SICI)1097-4628(20000307)75:10<1243::AID-APP5>3.0.CO;2-F.
11. *Kim M.G.* Examination of selected synthesis parameters for wood adhesive-type urea-formaldehyde resins by ^{13}C NMR spectroscopy. III // *Journal of Applied Polymer Science*. 2001. no 80(14). – P. 2800–2814. DOI: 10.1002/app.1397.
12. *L.A. Panamgama, A. Pizzi.* A ^{13}C NMR analysis method for phenol-formaldehyde resin strength and formaldehyde emission // *Journal of Applied Polymer Science*. 1995. no 55(7). – P. 1007-1015. DOI: 10.1002/app.1995.070550705.
13. *Tomita B., Katono S.* Urea-formaldehyde resins. III. Constitutional characterization by ^{13}C fourier transform NMR spectroscopy // *Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition*. 1978. no. 16(10). – P. 2509-2525. DOI: 10.1002/pol.1978.170161008.
14. *Wang H., Cao M., Li T., Yang L., Duan Z., Zhou X., Du G.* Characterization of the Low Molar Ratio Urea-Formaldehyde Resin with ^{13}C NMR and ESI-MS: Negative Effects of the Post-Added Urea on the Urea-Formaldehyde Polymers // *Polymers*. 2018. № 10(6) – P. 602. DOI: 10.3390/polym10060602.
15. *Xu G., Liang J., Zhang B. et al.* Performance and structures of urea-formaldehyde resins prepared with different formaldehyde solutions // *Wood Science and Technology*. 2021. №55. – P. 1419–1437. DOI: 10.1007/s00226-021-01280-y.

Разработка конструкции равнопрочной фанеры

Е.М. Разиньков, Т.Л. Ищенко

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова

Равнопрочность листа фанеры можно обеспечить при формировании пакета с чётным количеством листов шпона с рациональной слоистостью кратной 8 (8, 16 и 24). По предлагаемому варианту величины пределов прочности при статическом изгибе как вдоль, так и поперёк волокон наружных слоёв практически одинаковые. Кроме этого, можно получить фанеру с более высокими показателями пределов прочности при статическом изгибе в направлениях вдоль и поперёк волокон наружных слоёв. Разработанная конструкция фанеры позволяет при любой слоистости пакета (8, 16 и 24) получить любую толщину фанеры в соответствии с требуемыми ГОСТом 3916.1–2018 толщинами.

Ключевые слова: фанера, лущёный шпон, пределы прочности фанеры вдоль и поперёк волокон наружных слоёв, равнопрочность фанеры, клей.

Конструкция листа многослойной фанеры общего назначения предусматривает в основном нечётное число листов лущёного шпона [1]. При формировании пакета листа фанеры листы шпона располагаются во взаимно перпендикулярном направлении к смежным листам, при этом клей наносится на листы шпона через один лист. При формировании пакета для будущего листа фанеры на практике используются в основном клеевые вальцы для двухстороннего нанесения клея на лист шпона. При этом шпон в них, по ходу своего движения, всегда подаётся с одинаковым (продольным) направлением волокон древесины. Выходя из клеевых вальцев, листы шпона с клеевым слоем укладываются в серединки пакета будущего листа фанеры через один лист с взаимно перпендикулярным расположением волокон в смежных слоях. При этом листы шпона в среднем слое пакета чередуются – лист шпона с клеевым слоем и лист шпона без него.

Недостатком данной конструкции листа многослойной фанеры является его низкая равнопрочность в направлениях длины и ширины, связанная с тем, что в листе фанеры располагается разное количество листов шпона с одинаковым расположением волокон в направлениях длины и ширины листа фанеры. Кроме того, клей наносится на листы шпона, которые имеют только продольное направление волокон, а листы шпона с поперечным направлением волокон укладываются в формируемый пакет без клея, хотя известно, прочность листа шпона с нанесённым на него клеем выше прочности листа шпона без нанесённого клея.

Известна конструкция листа многослойной фанеры общего назначения с чётным числом листов шпона (ГОСТ 3916.1–2018), включающая два централь-

ных листа шпона с клеевым слоем и с одинаковым направлением в них волокон древесины. Остальные листы шпона, которые располагаются симметрично относительно центральной оси листа фанеры, с чередованием – лист шпона с клеевым слоем и лист шпона без него. При этом направление волокон древесины в смежных листах шпона – взаимно перпендикулярное. При сборке пакета такой конструкции, например, восьмислойной фанеры на формирующий конвейер укладывают сначала нижний лист шпона без клеевого слоя, лицевая сторона (с меньшим количеством трещин) которого обращена наружу будущего листа фанеры. Из-за нанесения клея только на листы шпона, имеющего продольное направление, в указанной конструкции листа многослойной фанеры также проявляется его низкая равнопрочность.

Цель работы состояла в разработке конструкции листа многослойной фанеры общего назначения для повышения равнопрочности листа в направлениях его длины и ширины.

В опытах использовали берёзовый лущёный шпон толщиной 1,5 мм, соответствующий требованиям ГОСТ 99–2016. В качестве клея использовали смолу марки КФ-Ж соответствующую требованиям ГОСТ 14231–88 с добавкой 1 % хлорида аммония в качестве отвердителя смолы.

В экспериментах использовали методы испытания пределов прочности фанеры различной конструкции при статическом изгибе вдоль и поперёк волокон наружных слоёв в соответствии с требованиями ГОСТ 9625–2013. Отбор образцов для испытаний производили в соответствии с ГОСТ 9620–94.

Для экспериментальных исследований для повышения равнопрочности фанеры в направлениях длины и ширины листа использовали конструкцию многослойной фанеры общего назначения, с чётным числом листов шпона. Конструкция включала два центральных листа шпона с клеевым слоем и с одинаковым направлением в них волокон древесины, и остальные листы шпона располагались симметрично центральной оси листа фанеры, с чередованием – лист шпона с клеевым слоем и лист шпона без него. Остальные листы шпона, кроме двух центральных и двух наружных – верхнего и нижнего, где они располагаются по одному, располагались симметрично центральной оси листа фанеры по два. Причём эти два листа шпона имели одинаковое расположение волокон древесины, один из которых с клеевым слоем, а другой без него, и они чередовались идентичными листами шпона. Эти два листа шпона имели взаимно перпендикулярное направление волокон древесины относительно двух смежных листов шпона.

При сборке пакета восьмислойной фанеры укладывали сначала нижний лист (слой) шпона без клеевого слоя, лицевая сторона (с меньшим количеством трещин) которого была обращена наружу будущего листа фанеры. На него укладывали второй лист шпона с нанесённым на клеевых вальцах клеем на обе поверхности листа, а расположение волокон в этом листе шпона было взаимно перпендикулярным к уже уложенному нижнему листу шпона. После этого укладывали третий лист шпона без клеевого слоя с таким же расположением волокон, как и у второго листа шпона. Затем на третий лист шпона укладывали два листа (четвёртый и пятый) шпона с нанесённым клеем на каждую сторону

каждого из этих двух листов шпона, но расположение волокон в этих двух листах шпона – взаимно перпендикулярное третьему листу шпона без клеевого слоя. В дальнейшем, для соблюдения симметрии расположения листов шпона одинаковой характеристики, укладывали шестой лист шпона без клеевого слоя с взаимно перпендикулярным расположением волокон по отношению к четвертому и пятому листам шпона. После этого укладывали седьмой лист шпона с нанесённым с обеих сторон клеем и с таким же расположением волокон, что и у предыдущего шестого листа шпона. Затем на седьмой лист шпона укладывали восьмой (верхний) лист шпона без клея, но с взаимно перпендикулярным расположением волокон по отношению к седьмому листу шпона.

В результате получалось, что все листы шпона, кроме двух центральных и двух наружных – верхнего и нижнего, где они были уложены по одному, располагались симметрично центральной оси листа фанеры по два, причём эти два листа шпона имели одинаковое расположение волокон древесины, один из которых с клеевым слоем, а другой без него. Эти два листа шпона чередовались с двумя листами шпона, оба из которых имели одинаковое расположение волокон древесины, при этом один из них с клеевым слоем, а другой без него, и эти два листа шпона имели взаимно перпендикулярное направление волокон древесины относительно двух смежных листов шпона.

Ниже приведены схемы сборки пакета листа фанеры известной и предлагаемой конструкций. При этом приняты условные обозначения: «=» – продольное направление волокон древесины; «+» – поперечное (взаимно перпендикулярное) направление волокон древесины; в скобках – лист шпона с нанесённым клеем.

Известная конструкция

8-ми-слойная + (=) + (=) (=) + (=) +

12-ти-слойная + (=) + (=) + (=) (=) + (=) + (=) +

16-ти-слойная + (=) + (=) + (=) + (=) (=) + (=) + (=) + (=) +

20-ти-слойная + (=) + (=) + (=) + (=) + (=) (=) + (=) + (=) + (=) + (=) +

24-х-слойная + (=) + (=) + (=) + (=) + (=) + (=) (=) + (=) + (=) + (=) + (=) + (=) +

Предлагаемая конструкция

8-ми-слойная = (+) + (=) (=) + (+) =

12-ти-слойная + (=) = (+) + (=) (=) + (+) = (=) +

16-ти-слойная = (+) + (=) = (+) + (=) (=) + (+) = (=) + (+) =

20-ти-слойная + (=) = (+) + (=) = (+) + (=) (=) + (+) = (=) + (+) = (=) +

24-х-слойная = (+) + (=) = (+) + (=) = (+) + (=) (=) + (+) = (=) + (+) = (=) + (+) =

Для наглядности в табл.1 приведены сведения о конструкциях листов фанеры по различным вариантам.

Таблица 1 – Конструкции листов фанеры по различным вариантам

Вариант формирования листа фанеры	Слойность фанеры, шт	Количество листов шпона с продольным / поперечным направлением волокон древесины, шт	Количество слоёв шпона с клеевым слоем, шт	
			с продольным расположением волокон	с поперечным расположением волокон
1. Вариант формирования листа фанеры по данным [1]	5	2/3	2	0
	7	3/4	3	0
	9	4/5	4	0
	11	5/6	5	0
	13	6/7	6	0
	15	7/8	7	0
	17	8/9	8	0
19	9/10	9	0	
2. Вариант формирования листа фанеры по данным [2]	8	4/4	4	0
	12	6/6	6	0
	16	8/8	8	0
	20	10/10	10	0
3. Предлагаемый вариант	24	12/12	12	0
	8	4/4	2	2
	12	6/6	4	2
	16	8/8	4	4
20	10/10	6	4	
24	12/12	6	6	

Как следует из табл. 1, в первом варианте количество листов шпона с продольным и поперечным направлениями волокон древесины в листе фанеры неодинаковое, что повышает вероятность коробления листов фанеры. Кроме того, в такой конструкции листа фанеры все листы шпона только с продольным расположением волокон намазываются клеем, а все поперечные листы шпона – без нанесённого клея. Учитывая то, как указывалось выше, что листы шпона с нанесённым клеем по своей прочности выше, чем листы шпона без нанесённого клея, то можно ожидать меньшей прочности листа фанеры, особенно при его растяжении в направлениях длины и ширины листа.

Во втором варианте количество листов шпона с продольным и поперечным направлениями волокон древесины одинаковое, но также с клеевым слоем только продольные листы шпона, а все поперечные – без клеевого слоя.

В предлагаемом варианте с клеевым слоем листы шпона располагаются в листе фанеры как в продольном, так и в поперечном направлениях. Рациональной является слойность фанеры 8, 16 и 24, то есть кратная 8. При такой слойности количество листов шпона с продольным и поперечным направлениями волокон древесины одинаковое, и одинаковое количество с клеевым слоем как продольных, так и поперечных листов шпона.

В табл. 2 приведены результаты полученных значений прочности берёзовой фанеры общего назначения марки ФК толщиной 6,5, 15 и 24 мм. В качестве клея использовали карбамидоформальдегидную смолу марки КФ-Ж с добавкой

1 % хлорида аммония в качестве отвердителя смолы. Расход смолы составлял 130 г/м² поверхности шпона. Режим горячего прессования был следующим: температура – 115 °С, давление – 1,8 МПа и продолжительность, в зависимости от толщины фанеры: 2,5 мин для толщины 6,5 мм; 6,5 мин для толщины 15 мм и 13 мин для толщины 24 мм.

Таблица 2 – Предел прочности фанеры при статическом изгибе по различным вариантам

Вариант формирования листа фанеры	Толщина фанеры, мм	Слойность фанеры	Предел прочности при статическом изгибе вдоль волокон наружных слоёв, МПа	Предел прочности при статическом изгибе поперёк волокон наружных слоёв, МПа
Вариант формирования листа фанеры по данным [1]	6,5	5	25,3	16,4
	15	11	25,6	17,0
	24	19	26,0	16,8
Вариант формирования листа фанеры по данным ГОСТ 3916.1–2018	6,5	8	27,4	16,9
	15	16	27,8	17,8
	24	24	28,0	18,5
Предлагаемый вариант	6,5	8	35,8	35,4
	15	16	36,2	35,9
	24	24	37,2	37,0

Примечание к табл. 2: по ГОСТ 3916.1-2018 «Фанера общего назначения с наружными слоями из лиственных пород. Технические условия» предел прочности при статическом изгибе вдоль волокон наружных слоёв должен быть не менее 25 МПа.

Как следует из табл. 2, неравнопрочность фанеры по известным вариантам в направлениях длины и ширины листа вариантов 1 и 2 очень большая. Наименьшую прочность при статическом изгибе имеют листы фанеры в поперечном направлении. Если предел прочности при статическом изгибе вдоль волокон наружных слоёв находится в пределах 25,3...26,0 МПа (1 вариант) и 27,4...28,0 МПа (2 вариант), то этот показатель в направлении поперёк волокон находится в пределах 16,4...16,8 МПа (1 вариант) и 16,9...18,5 МПа (2 вариант) в зависимости от толщины и слойности фанеры. Предел прочности фанеры при статическом изгибе как вдоль, так и поперёк направления волокон растёт при условии равного количества листов шпона в листе фанеры в продольном и поперечном направлениях. Ещё в большей мере эта прочность растёт при условии, когда не только имеет место равное количество листов шпона в листе фанеры, но и количество листов шпона с клеевым слоем в поперечном направлении. Так, сравнивая значения прочности по вариантам 2 и 3, получается, что по предлагаемому варианту (3) предел прочности при статическом изгибе вдоль волокон наружных слоёв растёт на 30,7...32,9 %, а этот показатель в направлении поперёк волокон увеличивается практически в 2 раза. Причём, по предлагаемому варианту предел прочности при статическом изгибе как вдоль, так и поперёк волокон наружных слоёв практически одинаков, что говорит о равно-

прочности фанеры как в направлении длины, так и ширины листа фанеры.

Учитывая то, что рациональной конструкцией фанеры является её слоистость 8, 16 и 24 (кратностью 8) в табл. 3 приведены значения получаемых толщин пакета при указанной слоистости фанеры с учетом предусмотренных ГОСТ 99–2016 толщин лущёного шпона (в данной таблице принята одинаковая толщина шпона в листе фанеры).

Таблица 3 – Толщина пакета в зависимости от толщины применяемого шпона и слоистости фанеры

Толщина шпона, мм	Толщина пакета в мм при слоистости фанеры, шт		
	8	16	24
0,55	4,4	8,8	13,2
0,75	6,0	12,0	18,0
0,95	7,6	15,2	22,8
1,15	9,2	18,4	25,6
1,25	10,0	20,0	30,0
1,50	12,0	24,0	42,0
1,75	14,0	28,0	–
2,00	16,0	32,0	–
2,25	18,0	36,0	–
2,50	20,0	40,0	–
2,75	22,0	–	–
3,00	24,0	–	–
3,25	26,0	–	–
3,50	28,0	–	–
3,75	30,0	–	–
4,00	32,0	–	–

Примечание к табл. 3: не заполненные клетки таблицы связаны с тем, что в соответствии с требованиями ГОСТ 3916.1-2018 максимальная толщина фанеры может быть 30 мм, весь ряд толщин в мм следующий: 3; 4; 6.5; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 27 и 30. Учитывая процент упрессовки фанеры остановились на толщине пакета 40 и 42 мм при слоистости фанеры 16 и 24

Из табл. 3 следует, что при любой слоистости пакета (8, 16 и 24) можно получить любую толщину фанеры в соответствии с требованиями ГОСТ 3916.1-2018 толщинами. Причём, пакет фанеры можно формировать с использованием различных толщин шпона, но таким образом, чтобы слоистость пакета была 8, 16 и 24 с учетом величины упрессовки пакета. На конструкцию равнопрочной фанеры нами получен патент на изобретение [2].

Заключение:

1. Причиной неравнопрочности листа фанеры в направлениях его длины и ширины является то, что в листе фанеры количество слоёв шпона с параллельным и взаимно перпендикулярным направлением волокон различное. Причём, на слои шпона с параллельным направлением волокон клей наносится, а на слои с взаимно перпендикулярным направлением волокон клей не наносится, хотя известно, что прочность шпона с нанесённым и отверждённым клеем выше прочности шпона без нанесения клея.

2. Равнопрочность листа фанеры можно обеспечить при формировании пакета с чётным количеством листов шпона с рациональной слоистостью кратной

8 (8, 16 и 24). По предлагаемому варианту величины пределов прочности при статическом изгибе как вдоль, так и поперёк волокон наружных слоёв практически одинаковые. При этом можно получить фанеру с более высокими показателями пределов прочности при статическом изгибе в направлениях вдоль и поперёк волокон наружных слоёв.

Литература:

1. Куликов В.А., Чубов А.Б. Технология клееных материалов. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 171 с.

2. Патент № 2762418 С1 Российская Федерация, СПК В27D 1/04 (2021.08). Конструкция многослойной фанеры общего назначения : № 2021116009 : заявл. 01.06.2021 : опубл. 21.12.2021 / Бюл. №36. Е.М. Разиньков, Т.Л. Ищенко, К.А. Королева, Я.В. Безноско ; заявитель – ФГБОУ «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф.Морозова»

УДК 678.652.41.21:665.947.4

Модификация карбаминоформальдегидных смол поликарбоксилатными лигнинами

*А.А. Кожемяко¹, А.Н. Гончар², Е.В. Дубоделова³, С.И. Шпак³,
А.А. Быкова⁴, И.М. Грошев¹, С.Н. Болачков⁴*

¹ОАО «Витебскдрев»,

²СООО «СинерджиКом»,

³УО «БГТУ»

⁴ОАО «Речицадрев»

Разработаны модифицированные поликарбоксилатными лигнинами композиции карбаминоформальдегидной смолы для древесностружечных плит. При модифицировании использованы продукты валоризации гидролизного лигнина кислого и щелочного характера линейки S-Drill™ BND (СООО «СинерджиКом») в целях создания условий по образованию повышенного количества метилольных групп и разветвлённой структуры образуемых олигомеров путём регулирования концентрации водородных ионов на разных стадиях синтеза карбаминоформальдегидной смолы.

Ключевые слова: поликарбоксилатный лигнин, карбаминоформальдегидная смола, синтез, древесностружечные плиты, содержание свободного формальдегида, предел прочности.

Карбаминоформальдегидные смолы (КФС) являются одним из наиболее важных представителей терморезактивных смол. Общее потребление КФС для древесных композиционных материалов составляет около 75 % производства смол на основе формальдегида [4]. Однако некоторые нежелательные свойства, такие как выделение свободного формальдегида, оказывающего негативное воздействие на безопасность материалов и процесс их производства, а также

средняя водостойкость, снижающая срок службы древесных композиционных материалов, обуславливает необходимость стабилизации показателей КФС.

При синтезе КФС на основе карбамидоформальдегидного концентрата для достижения требуемой глубины поликонденсации используют химические реагенты кислого характера (чаще всего водный раствор хлорида аммония), для поддержания концентрации водородных ионов на уровне 5,0...5,5. При доконденсации реакционной массы, характеризующейся дополнительным введением второй порции карбамида, желательно поднять концентрацию водородных ионов до 7,3...7,8, что осуществляется в основном с помощью водного раствора гидроксида натрия. Для вывода из системы кислых и щелочных неорганических соединений и повышения стабильности КФС, использовали функционализированный гидролизный лигнин, дополнительно обладающий сродством к компонентам древесины. В ООО «СинерджиКом» разработаны стандартизированные продукты на основе функционализированного гидролизного лигнина линейки S-Drill™ BND. Следует отметить, что химическая переработка лигнина всё ещё остаётся ограниченной, и он преимущественно сжигается в целях регенерации химических реагентов с получением тепловой энергии, что не раскрывает потенциал лигнина в качестве источника сырья для производства ценных продуктов [1-3, 5]. Характеристики продуктов линейки S-Drill™ BND, используемых при синтезе, приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав и функциональные группы S-Drill™ BND

Наименование показателя	Значение
Молекулярная масса M_w , г/моль	3500–4000
Молекулярная масса M_n , г/моль	1400–1600
Полидисперсность	2,5
Метоксильные группы, %	Менее 10
Карбоксильные группы, %	2,5
Фенольные гидроксильные группы, ммоль/г	1,1
Алифатические гидроксильные группы, ммоль/г	0,3
Общее содержание гидроксильных групп, ммоль/г	3,9
Формальдегид	Отсутствует

Таблица 2 – Основные физико-химические показатели S-Drill™ BND

Наименование показателя	Значение	
	BND 10	BND 120
Внешний вид	Однородная суспензия коричневого цвета без механических включений	
Массовая доля сухого вещества, %, не менее	20	30
Концентрация водородных ионов, pH	1,0...2,0	12,0...14,0
Плотность, г/см ³	1,10...1,15	1,20...1,25

Из табл. 1 и 2 видно, что для продуктов на основе функционализированного гидролизного лигнина S-Drill™ BND характерно наличие значительного количества функциональных групп, которые способны вступать в реакции поликонденсации с карбамидом и формальдегидом при синтезе КФС. Кроме того,

имеется возможность регулировать водородный показатель лигниновых продуктов, что позволяет использовать их на разных стадиях синтеза карбамидоформальдегидных олигомеров.

При проведении экспериментов в реактор объёмом 5 дм³ загружали карбамидоформальдегидный концентрат и воду в присутствии аминоспиртов, полученную смесь перемешивали и нагревали до температуры 45 °С. Затем вводили первую порцию карбамида и устанавливали рН = 6,1 ± 0,2. После этого реакционную массу нагревали до температуры 87...90 °С и осуществляли выдержку в течение 15 мин.

Характеристики экспериментальных смол, синтезированных с использованием S-Drill™ BND 10 и S-Drill™ BND 120, представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3 – Характеристика экспериментальных карбамидоформальдегидных смол с заменой кислых реагентов на S-Drill™ BND 10

Наименование Показателя	Нормы по ТУ ВУ 400025915.008-2017	Значения показателей для экспериментальной смолы	
		в день варки	на следующие сутки
Внешний вид	Однородная суспензия от бесцветного до светло-жёлтого цвета без посторонних включений	Однородная суспензия от бесцветного до светло-жёлтого цвета без посторонних включений	Однородная суспензия от бесцветного до светло-жёлтого цвета без посторонних включений
Массовая доля сухого остатка, %	67 ± 2	67,0	67,0
Массовая доля свободного формальдегида, %, но не более	0,15	0,26	0,09
Условная вязкость при (20 ± 0,5) °С по вискозиметру ВЗ-246 (или ВЗ-4) с соплом диаметром 4 мм, с	40...90	65	66
Концентрация водородных ионов, рН	7,0...8,5	8,3	8,3
Время желатинизации при 100 °С, с	30...60	39	43
Предельная смешиваемость смолы с водой, при которой наблюдается коагуляция по объёму	1:10	Более 1:10	Более 1:10

Для поддержания рН на уровне 5,3 вводили функционализированный гидролизный лигнин кислого характера S-Drill™ BND 10 и осуществляли набор вязкости до регламентированного технологическими картами значения. Далее поднимали концентрацию водородных ионов с помощью гидроксида натрия или функционализированного гидролизного лигнина щелочного характера S-Drill™ BND 120 до 7,3...7,8. Затем вводили вторую порцию карбамида и сни-

жали температуру в реакторе до 65 °С. После этого, реакционную массу стабилизировали и охлаждали до 50 °С. Далее осуществляли загрузку третьей порции карбамида и охлаждали полученную реакционную массу до 20 °С.

Таблица 4 – Характеристика экспериментальных карбамидоформальдегидных смол с заменой кислых реагентов на S-Drill™ BND 10 и щёлочи на S-Drill™ BND 120

Наименование показателя	Нормы по ТУ ВУ 400025915.008-2017	Значения показателей для экспериментальной смолы		
		в день варки	на следующие сутки	через двое суток
Внешний вид	Однородная суспензия от бесцветного до светло-жёлтого цвета без посторонних включений	Однородная суспензия тёмно-коричневого цвета без посторонних включений	Однородная суспензия тёмно-коричневого цвета без посторонних включений	Однородная суспензия тёмно-коричневого цвета без посторонних включений
Массовая доля сухого остатка, %	67 ± 2	67,4	67,4	67,4
Массовая доля свободного формальдегида, %, но не более	0,15	0,26	0,11	0,06
Условная вязкость при (20 ± 0,5) °С по вискозиметру ВЗ-246 (или ВЗ-4) с соплом диаметром 4 мм, с	40...90	67	68	65
Концентрация водородных ионов, рН	7,0...8,5	8,0	7,9	7,8
Время желатинизации при 100 °С, с	30...60	39	40	42
Предельная смешиваемость смолы с водой, при которой наблюдается коагуляция по объёму	1:10	Более 1:10	Более 1:10	Более 1:10

Из табл. 4 видно, что при замене кислых реагентов в рецептуре синтеза олигомеров на функционализированный гидролизный лигнин S-Drill™ BND 10, получаемые смолы соответствовали требованиям ТУ ВУ 400025915.008-2017 по всем нормируемым показателям, в том числе внешнего вида. При этом в день синтеза массовая доля свободного формальдегида была ниже, чем у контрольного образца КФС на 13,3 %, что свидетельствует об образовании дополнительных связей в структуре олигомера без потери реакционной способности. При этом контроль показателя на следующие сутки показал уровень соответст-

вия контрольному образцу и составил 0,09 %. При использовании S-Drill™ BND 10 реакция поликонденсации протекает более полно, на что указывает незначительное увеличение времени желатинизации при 100 °С по истечению 24 часов после синтеза (10,3 % в сравнении с 31,4 % для контрольного образца КФС). При замене кислоты и щёлочи в рецептуре синтеза олигомеров на функционализированный гидролизный лигнин S-Drill™ BND 10 и S-Drill™ BND 120, получаемые смолы соответствовали требованиям ТУ ВУ 400025915.008-2017 по всем нормируемым показателям, за исключением внешнего вида КФС, которая приобрела тёмно-коричневый цвет, свойственный окисленному лигнину. При этом наблюдалась ещё более полная поликонденсация в процессе синтеза, так как массовая доля свободного формальдегида в процессе хранения в течение 24 часов снижается менее значительно по сравнению с контрольным образцом КФС на 70,0 и 57,6 % соответственно. При этом время желатинизации при 100 °С увеличивалась на 31,4 % для контрольного образца, а для экспериментального – на 2,6 %. Установлено, что это положительно сказалось на физико-механических показателях древесных плит. Плиты соответствовали требованиям ГОСТ 10632–2014. Следует отметить, что наблюдалось увеличение предела прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты с 0,28 до 0,41 МПа.

Таким образом, функционализированный гидролизный лигнин S-Drill™ BND 10 и S-Drill™ BND 120 производства ООО «СинерджиКом» рекомендован к использованию при синтезе карбамидоформальдегидных смол на основе карбамидоформальдегидного концентрата в качестве регуляторов концентрации водородных ионов на разных стадиях её синтеза, что позволит повысить конкурентоспособность КФС и древесных композиционных материалов на её основе.

Литература:

1. *Дейнеко И.П.* Утилизация лигнинов: достижения, проблемы и перспективы / И.П. Дейнеко // *Химия растительного сырья*. 2012. № 1. – С. 5-20.
2. *Evstigneyev E.I., Shevchenko S.M.* Lignin valorization and cleavage of arylether bonds in chemical processing of wood: a mini-review // *Wood Science and Technology*. 2020. Vol. 54. – P. 787-820. DOI: 10.1007/s00226-020-01183-4.
3. Lignin-based adhesive crosslinked by furfuryl alcohol-glyoxal and epoxy resins / J. Zhang [et al.] // *Nordic Pulp & Paper Research Journal*. 2019. Vol. 34, issue 2. – P. 228-238. DOI: 10.1515/npprj-2018-0042.
4. Synthesis of Lignin-Based Polyacid Catalyst and Its Utilization to Improve Water Resistance of Urea-formaldehyde Resins / S. Gao [et al.] // *Polymers*. 2020. Vol. 12. DOI: 10.3390/polym12010175.
5. Towards lignin-based functional materials in a sustainable world / D. Kai [et al.] // *Green Chemistry*. 2016. Vol. 18. – P. 1175-1200. DOI: 10.1039/C5GC02616D.

Регулирование холодной липкости фанерных клеев путём использования специальных наполнителей

А.А. Калашиников

ООО «Парфинский фанерный комбинат»

Сообщается о регулировании липкости фанерных клеев из карбамидоформальдегидной смолы путём использования специальных наполнителей. Раскрывается опыт решения задачи обеспечения требуемого качества холодной подпрессовки в конкретных производственных условиях.

Ключевые слова: холодная липкость, наполнители, лигносульфонаты, карбамид, фанера.

Одной из актуальных задач, возникающих при производстве фанеры марки ФК, является обеспечение качества холодной подпрессовки. Спецификой операции является то, что наборные пакеты не сразу попадают в горячий пресс; имеет место их непродолжительное выстаивание, в ходе которого пакет может расслоиться и стать нетранспортабельным. Известно, что главным условием качественной подпрессовки является обеспечение высокой липкости используемого клея, которая в свою очередь обеспечивается использованием специальных наполнителей.

На сегодняшний день одними из самых распространённых наполнителей, обеспечивающим высокую липкость, являются лигносульфонаты – побочный продукт сульфитной варки в технологии целлюлозы. Существует гипотеза [1], согласно которой лигносульфонаты представляют собой лиофильные коллоидные частицы линейной формы, обладающие клеящей способностью, которая убывает в ряду $\text{NH}_4^+ > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Fe}^{3+}$. В связи с этим, наибольшее распространение в производстве фанеры получили лигносульфонаты аммония, натрия и кальция.

В производственных условиях важно сбалансировать свойства клея, чтобы не сорвать выполнение технологических операций и обеспечить требуемые физико-механические свойства фанеры. Использование лигносульфонатов не должно приводить к скоротечному высыханию клея, преждевременной желатинизации смолы, чрезмерному увеличению вязкости и тому подобному. В сочетании с применяемой на предприятии карбамидоформальдегидной смолой (КФС) использование лигносульфонатов не позволяло обеспечить все необходимые показатели клея: при низких расходах наполнителя неудовлетворительным было качество холодной подпрессовки, при высоких расходах – условная вязкость и жизнеспособность клея.

О качестве холодной подпрессовки судили через *липкость* клея, то есть показатель, определяющий формоустойчивость пакета в процессе выстаивания и транспортировки [2]. Применительно к фанере липкость определяли как время отхода краев верхнего листа шпона от нижнего до не транспортируемого со-

стояния, то есть отход края листа на 50...60 мм. Применительно к рассматриваемой промышленной линии было определено, что для штатного выполнения всех операций (сборка пакетов, холодная подпрессовка и горячее прессование) клей должен иметь липкость не менее 12 мин (именно в течение этого времени пакет должен сохранять формоустойчивость пока идёт загрузка горячего пресса), жизнеспособность не менее 4 ч, условную вязкость не более 130 с. Несоблюдение какого-либо из этих показателей приводило к расслоению пакета, нарушению в работе клеевых насосов и клеенаносящих станков, разрушению клеевого слоя в ходе горячего прессования.

Сбалансировать свойства клея удалось использованием карбамида, для подбора расхода которого были проведены промышленные испытания (табл. 1). Клей готовили из КФС отечественного производства, имеющей следующие физико-химические показатели:

Массовая доля сухого остатка, %	68
Массовая доля свободного формальдегида, %.....	0,05
Условная вязкость по ВЗ-4 при 20 °С, с.....	70
Концентрация ионов водорода (рН)	7,8
Продолжительность желатинизации при 100 °С, с.....	60

Испытание клеевых составов проводили в промышленных условиях. Холодную подпрессовку проводили в течение 14 мин, при удельном давлении 1,2 МПа. Расход клея (намазка) составлял 130 г/м².

Таблица 1 – Влияние доли карбамида на основные показатели клея

Доля карбамида, масс. ч.	Условная вязкость, с	Время отверждения, с	Липкость, мин
0	110	57	8,0
0,5	106	61	8,5
1,0	103	65	11,5
1,5	100	69	14,0
2,0	95	71	5,5

Примечание: базовая рецептура клея включала 100 масс. ч. КФС, 3,5 масс. ч. лигносульфоната натрия, 1,5 масс. ч. сульфата аммония

Как видно из табл. 1, использование карбамида позволило повысить липкость клея – увеличение доли карбамида до 1,5 масс. ч. привело к росту липкости почти на 70 %, что позволило добиться формоустойчивости пакета в течение 14,0 минут и обеспечить требуемое качество холодной подпрессовки. Дальнейшее увеличение расхода карбамида привело к резкому снижению липкости клея.

На фоне роста липкости незначительно снижалась вязкость клея и увеличивалось время его желатинизации, что положительно сказалось на жизнеспособности композиции. При доле карбамида 1,5 масс. ч., жизнеспособность составляла 4,5 ч, в то время как клей без карбамида терял текучесть и за 3,0 часа. Таким образом, удалось решить проблему подсушки нижних листов пакета. Следует добавить, что при использовании отдельно от лигносульфоната натрия,

карбамид не давал увеличения липкости клея, то есть можно предположить, что карбамид влияет скорее на лигносульфонаты, нежели на компоненты смолы.

Отдельно необходимо отметить экономическую составляющую. Известно, что для снижения стоимости клея расход дешёвых наполнителей стремятся увеличить. Как следует из табл. 1 увеличение доли карбамида выше 1,5 масс. ч. невозможно, поэтому было принято решение увеличить долю лигносульфоната натрия (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние доли ЛСТ на основные показатели клея

Доля ЛСТ, масс. ч.	Условная вязкость, с	Время отверждения, с	Холодная липкость, мин
0	98	68	менее 1
2,0	98	65	2,0
2,5	100	63	2,5
3,0	100	66	9,5
3,5	100	57	14,0
4,0	120	57	15,0
5,0	140	56	15,5
6,0	145	56	15,5

Примечание: базовая рецептура клея включала 100 масс. ч. КФС, 1,5 масс. ч. карбамида, 1,5 масс. ч. сульфата аммония

Как видно из табл. 2, увеличением доли лигносульфоната натрия до 6 масс. ч. можно поднять липкость ещё на 10 % (с 14,0 до 15,5 %), однако сильно увеличивается условная вязкость и снижается жизнеспособность клея. Использование более 4,0 масс. ч. лигносульфоната натрия приводит к быстрому подсыханию нижних листов шпона и ухудшению качества горячего прессования. Важным обстоятельством является то, что вся фанера, изготовленная по рецептурам, вытекающим из табл. 1 и 2, соответствует требованиям ГОСТ 3916.1–2018.

Таким образом, сочетание в рецептуре клея карбамида и лигносульфоната натрия позволяет обеспечить требуемое качество холодной подпрессовки фанеры марки ФК в заданных производственных условиях. Использование 4,0 масс. ч. лигносульфоната натрия и 1,5 масс. ч. карбамида приводит к липкости клея 14,0 мин без ухудшения остальных показателей клея, что позволяет решить все технологические задачи, возникающие при производстве в условиях конкретного предприятия.

Литература:

1. Кондратьев В.П., Кондращенко В.И. Синтетические клеи для древесных материалов – М.: Научный мир, 2004. – 520 с.
2. Леонович А.А. Физико-химические основы образования древесных плит: монография. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2003. – 192 с.

Влияние поликарбоксилатных лигнинов на эксплуатационные свойства фанеры общего назначения

*А.А. Кожемяко¹, А.Н. Гончар², Е.В. Дубоделова³, С.И. Шпак³,
А.А. Быкова⁴, И.М. Грошев¹, С.Н. Болачков⁴*

¹ОАО «Витебскдрев»,

²СООО «СинерджиКом»,

³УО «БГТУ»

⁴ОАО «Речищадрев»

Разработаны модифицированные поликарбоксилатными лигнинами клеевые композиции на основе карбамидоформальдегидной смолы для фанеры общего назначения. В композиции клеевых составов использованы порошкообразные продукты валоризации гидролизного лигнина нейтрального и инертного характера линейки S-Drill™ (СООО «СинерджиКом») в целях повышения показателя предела прочности при скалывании по клеевому слою и снижения эмиссии свободного формальдегида.

Ключевые слова: поликарбоксилатный лигнин, карбамидоформальдегидная смола, фанера общего назначения, содержание свободного формальдегида, предел прочности.

В настоящее время при производстве фанеры общего назначения марки ФК используются преимущественно карбамидоформальдегидные смолы (КФС), выпускаемые преимущественно по техническим условиям. При этом они либо производятся на самом фанерном предприятии, либо закупаются за рубежом, в основном в Российской Федерации. Доля затрат на смолу в структуре себестоимости готовой продукции довольно велика и составляет около 25...30 %. Особенностью КФС, применяемых в фанерном производстве, является их высокая вязкость (не менее 90 с по ВЗ-4) для обеспечения высокой липкости клея и низкой впитываемости в поверхность лущеного шпона.

Применение наполнителей в составе клея позволяет уменьшить расход смолы при повышении вязкости клея и соответственно снизить себестоимость продукции при повышении физико-механических показателей фанеры и снижении содержания свободного формальдегида в готовой продукции. В качестве наполнителей в клеевой композиции для фанеры общего назначения можно использовать различные продукты органического и неорганического происхождения: древесную муку, лигнин в виде технических лигносульфонатов, муку злаковых и бобовых культур, крахмал и его производные, муку из различных орехов, каолин, мел, угли, силикагель, отходы производства кристаллического кремния, природные алюмосиликаты, шунгиты. В настоящее время наиболее перспективным среди них является лигнин и продукты его химической переработки, которые можно модифицировать для придания им определённых свойств [1–5].

Целью работы является изучение влияния карбоксилатных лигнинов в рецептуре клея на эксплуатационные свойства фанеры общего назначения.

Для исследований нами выбран гидролизный лигнин, который образовался при функционировании гидролизного завода в г. Речица (Республика Беларусь). Для получения стандартизированных по свойствам продуктов требуется очистка и направленная химическая модификация гидролизного лигнина. В СООО «СинерджиКом» разработаны лигниновые продукты линейки S-Drill полученные при валоризации гидролизного лигнина. Для лигниновых продуктов линейки S-Drill характерно наличие значительного количества функциональных групп, которые способны вступать в реакции поликонденсации с карбамидом и формальдегидом при горячем прессовании фанеры. Кроме того, имеется возможность регулировать дисперсность и водородный показатель лигниновых продуктов, что позволяет использовать их в рецептуре клея для повышения эксплуатационных свойств фанеры. Технические свойства используемых лигниновых продуктов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Основные физико-химические показатели наполнителя S-Drill™ BND 02

Наименование показателей качества	Спецификация	Метод анализа
Внешний вид, цвет	Коричневый порошок	визуальный ТУ ВУ 490850780.018-2022
Влажность, % не более	10	ТУ ВУ 490850780.018-2022
Водородный показатель 1 %-ого водного раствора, единицы рН	3-7	ТУ ВУ 490850780.018-2022

Таблица 2 – Основные физико-химические показатели наполнителя S-Drill™ Block Filler

Наименование показателей качества	Спецификация	Метод анализа
Внешний вид, цвет	Темно-коричневый порошок	визуальный ТУ ВУ 490850780.003-2014
Влажность, %	16	ТУ ВУ 490850780.003-2014
Водородный показатель 1 %-ой водной суспензии, единицы рН	6,5...8,5	ТУ ВУ 490850780.003-2014
Плотность, кг/м ³	1200...1350	ТУ ВУ 490850780.003-2014
Зольность, масс. %	< 5	ГОСТ 22692-77
Размер частиц, мкм	< 50	ГОСТ ИСО 2591-1-2002

Для проведения эксперимента использовались контрольные рецептуры I, III (табл. 3), в составе которых применялись технические лигносульфонаты в количестве 0,5 и 4,7 % к массе КФС, неорганические наполнители – каолин в количестве 0,5 и 3,9 %, мел в количестве 0,3 %; акцептор формальдегида – карбамид 0,2 %. В экспериментальных рецептурах II и IV (табл. 3) технические лигносульфонаты заменяли на лигниновый продукт линейки S-Drill™ BND 02 с рН=7 в количестве 0,5 и 2,5 %. Так же мел и каолин заменяли на инертный вы-

сокодисперсный лигнин линейки S-Drill SB в количестве 1 и 2 %. Контроль за экспериментальными рецептурами клея осуществляли по условной вязкости.

Изготавливали семислойную фанеру из низкосортного берёзового лущеного шпона толщиной 9 мм. Клей наносили с расходом 140 г/м². Прессование вели при удельном давлении 1,9 МПа и температуре плит пресса 115 °С. Цикл прессования составлял 5,5 минут.

Таблица 3 – Рецептуры клея для фанеры

Компонент	Рецептура			
	I (контроль)	II (экспериментальная)	III (контроль)	IV (экспериментальная)
КФС	+	+	+	+
Сульфат аммония	+	+	+	+
Мел	+	–	–	–
Каолин	+	+	+	–
Лигносульфонаты	+	–	+	–
Карбамид	–	–	+	–
S-Drill™ BND 02	–	+	–	+
S-Drill™ Block Filler	–	+	–	+

Результаты испытаний фанеры общего назначения приведены в табл. 4. Среди физико-механических показателей нами выделен предел прочности при скалывании, позволяющий оценить адгезионную прочность клея к поверхности древесины и являющийся основным эксплуатационным показателем. Химическую безопасность оценивали по выделению формальдегида в соответствии с требованиями ГОСТ 32155–2013 для газоаналитического метода.

Таблица 4 – Эксплуатационные свойства фанеры общего назначения

Показатель	Значения показателей			
	I (контроль)	II (экспериментальная)	III (контроль)	IV (экспериментальная)
Предел прочности при скалывании по клеевому слою, МПа	1,89	2,22	1,43	2,30
Выделение формальдегида, мг/м ² ·ч	1,1	1,4	1,3	1,1

Как видно из табл. 4, контрольная рецептура III, отличающаяся минимальными дозировками каолина и технических лигносульфонатов – 0,5 %, не обеспечила требований ГОСТ 3916.1 по показателю предел прочности при скалывании по клеевому слою. Для контрольной рецептуры I данный показатель был достигнут за счёт применения каолина (3,9 %), мела (0,3 %) и технических лигносульфонатов (4,7 %), что свидетельствует о необходимости увеличения их дозировок в целях повышения адгезионной прочности. Выделение свободного формальдегида из всех образцов фанеры соответствовало требованиям ГОСТ 3916.1 и варьировалось в диапазоне от 1,1 до 1,4 мг/м²·ч при нормативе 3,5 мг/м²·ч. Применение поликарбосилатных лигнинов позволило повысить показатель предела прочности при скалывании по клеевому слою для всех экс-

периментальных образцов на величину от 55 до 59 % в сравнении с образцами, полученными по контрольным рецептурам в диапазоне дозировок от 0,5 до 2,5 %. При этом выделение формальдегида снижалось на 7,7 % при минимальной дозировке и на 18 % при максимальной. Таким образом, поликарбоксилатные лигнины показали большую эффективность при пониженных расходах в композиции клея для фанеры общего назначения и их можно рекомендовать для промышленной апробации.

Литература:

1. Дейнеко И.П. Утилизация лигнинов: достижения, проблемы и перспективы / И. П. Дейнеко // Химия растительного сырья. 2012. № 1. – С. 5-20.
2. A concise review of current lignin production, applications, products and their environmental impact / D.S. Bajwa [et al.] // Industrial Crops and Products. 2019. Vol. 139. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111526.
3. From Wood to Resin – Identifying Sustainability Levers through Hotspotting Lignin Valorisation Pathways / M. Lettner M [et al.] // Sustainability. 2018. Vol. 10. DOI: 10.3390/su10082745.
4. Synthesis of Lignin-Based Polyacid Catalyst and Its Utilization to Improve Water Resistance of Urea-formaldehyde Resins / S. Gao [et al.] // Polymers. 2020. Vol. 12. DOI: 10.3390/polym12010175.
5. Younesi-Kordkheili H., Pizzi A.A Comparison between Lignin Modified by Ionic Liquids and Gly-oxalated Lignin as Modifiers of Urea-Formaldehyde Resin / The Journal of Adhesion. 2017. Vol. 93. – P. 1120-1130. DOI: 10.1080/00218464.2016.1209741.

УДК 674-419.32

Использование фенолоформальдегидной смолы модифицированной меламиноформальдегидной смолой для склеивания шпона

Е.Г. Соколова

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

Меламинокарбаминоформальдегидная смола, применяемая как модификатор фенолоформальдегидной смолы, способна улучшить технологические и эксплуатационные свойства фанеры повышенной водостойкости. Определены зависимости времени желатинизации, условной вязкости, угла смачивания от количества вводимой меламинокарбаминоформальдегидной смолы в состав клея. Установлено, что применение модифицированного клея на основе фенолоформальдегидной смолы позволяет снизить время склеивания и повысить прочность клеевого соединения.

Ключевые слова: фанера, модифицирование, фенолоформальдегидная смола, меламинокарбаминоформальдегидная смола.

Фенолоформальдегидные смолы являются одними из самых распространенных основ для многокомпонентных клеевых систем при склеивании шпона.

Для увеличения скорости их отверждения могут быть использованы параформ, резорцин, шунгит, алюмосиликаты, пектол, комбинированные отвердители и модификаторы, а также их комбинации [1, 2, 5]. Известен также опыт введения карбамидоформальдегидных и меламинакарбамидоформальдегидных смол (МКФС) в состав клея на основе фенолоформальдегидной смолы для повышения реакционной способности полученного клея [3, 4]. Целью работы является исследование влияния количества МКФС в составе клеевой системы на основе фенолоформальдегидных смол на эксплуатационные свойства и технологию изготовления фанеры.

Для проведения исследований использовали берёзовый шпон толщиной 1,5 мм, фенолоформальдегидную, меламинакарбамидоформальдегидную смолу, а также комбинированный отвердитель (раствор двуххромовокислого натрия, карбамида в воде) КО-2. Наличие в МКФС большого числа гидроксиметильных групп, способных вступать во взаимодействие с гидроксиметильными группами фенолоформальдегидной смолы, с образованием пространственной сетчатой структуры полимера, приводит к уменьшению времени отверждения (рис. 1, а). Угол смачивания (рис. 1, б) и условная вязкость (рис. 1, в) возрастают при введении в состав клея на основе фенолоформальдегидной смолы МКФС.

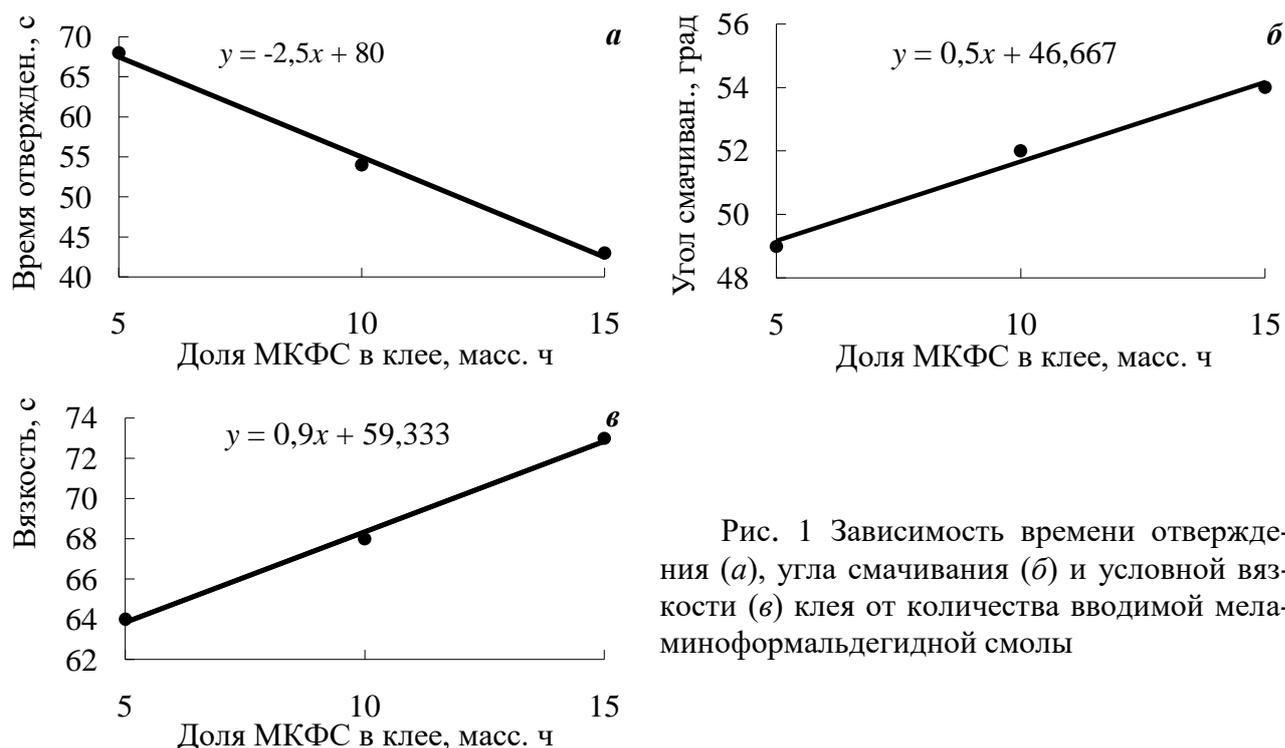


Рис. 1 Зависимость времени отверждения (а), угла смачивания (б) и условной вязкости (в) клея от количества вводимой меламинаформальдегидной смолы

Для оценки эффективности применения модифицированного клея производилось склеивание берёзового шпона по ГОСТ 3916.1. Склеивание производилось для разных временных показателей. Сравнительные результаты испытаний трёхслойной фанеры на прочность при скалывании по клеевому слою представлены на рис. 2.

Рис. 2. Зависимость прочности фанеры при скалывании от количества МКФС в составе клея и времени склеивания

Анализ результатов показывает, что исследованные клеевые системы позволяют значительно ускорить процесс склеивания и увеличить прочность клеевого соединения фанеры. Это обеспечивает уменьшение энергозатрат при производстве. Введение небольшого количества МКФС не приведёт к значительному удорожанию продукции.

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.

2. Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Чубинский А.Н. Склеивание фанеры модифицированными клеями // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 4 (28). – С. 133-138.

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.

4. Кондратьев В.П., Чубов А.Б., Соколова Е.Г. Новые виды эффективных клеев для производства водостойкой экологически чистой фанеры // Известия Санкт-Петербургской Лесотехнической академии. 2010. Вып. 191. – С. 169-179.

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

Подготовка инженерных кадров и специалистов высшей категории в условиях предприятия в соответствии с положениями Республиканской стратегии «Наука и технологии: 2018-2040 гг.»

Ю.В. Дойлин¹, И.М. Грошев¹, К.И. Тарутько¹, А.Н. Буркин², А.Н. Радюк²

¹ОАО «Витебскдрев»

²УО «ВГТУ»

Рассматриваются вопросы подготовки инженерных кадров и специалистов высшей категории на действующем предприятии отрасли в соответствии с Республиканской стратегией «Наука и технологии: 2018-2040 гг.» и опыт работы ЦЗЛ ОАО «Витебскдрев» по работе со студентами, магистрантами, аспирантами и докторантами.

Ключевые слова: стратегия, филиал кафедры, ОНИЛ, ЦЗЛ, специалисты высшей категории, кластер, инженерные кадры, предприятия, учреждение образования, аспирантура, магистратура, патенты.

Вопросы подготовки кадров для народного хозяйства, в том числе специалистов испытательных лабораторий и экспертов, является важным звеном в повышении эффективности экономики, конкурентоспособности продукции, создании интеллектуальной собственности в Республике Беларусь.

К сожалению, подготовка специалистов, в том числе и высшей категории сопряжена с рядом проблем и одна из них – слабая материальная база учреждений образования. Выпускникам учреждений образования (УО) приходящим на предприятия и учреждения приходится учиться и переучиваться, так как многие из них впервые сталкиваются с новейшим оборудованием и технологиями.

Учитывая озабоченность общества в повышении эффективности подготовки кадров в их технической и интеллектуальной компетентности АН Беларуси разработала и утвердила Стратегию развития науки РБ на 2018 – 2040 гг. [1]. Цель Стратегии – определение приоритетов долгосрочного развития науки и технологий.

Условия реализации Стратегии:

– укрепление интеллектуального потенциала научной сферы посредством повышения качества подготовки кадров высшей научной квалификации, создания условий и стимулов для развития научных школ и закрепления в науке талантливой молодежи;

– формирование и развитие человеческого капитала и социокультурной среды.

Реализация Стратегии обеспечивает развитие программно-целевых принципов организации отечественных производств на основе концентрации ресурсов на тех направлениях, где белорусская продукция в долгосрочном периоде будет конкурентоспособна по сравнению с аналогами. В комплексе с развитием человеческого потенциала Стратегия должна обеспечить качественный эконо-

мический рост, в том числе посредством создания новых привлекательных для молодежи высокооплачиваемых рабочих мест.

Традиционные отрасли остаются фундаментом белорусской экономики. В долгосрочной перспективе они получают новое наполнение, связанное с комплексным влиянием новейших и вновь возникающих технических решений, технологий (прежде всего, информационно-коммуникационных) и материалов (нано- и биоматериалы, композиционные материалы и т. д.). В промышленности будет сформирован комплекс «Новая Индустрия 2040». Её важнейшие компоненты:

- создание национальных эталонов, обеспечение метрологической прослеживаемости новых технологий, автоматизация метрологии и её интеграция в производственные процессы;

- система подготовки кадров для неоиндустриального комплекса на основе постоянного повышения квалификации, включая новые подходы в организации и планировании труда;

- новая нормативная правовая база в целях создания и развития на базе IT-технологий сетей производств и интегрированных структур.

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 и высших укладов, с учётом новейших достижений науки; трансформация образовательной сферы на основе развития модульной системы формирования компетенций (цифровой, всепроникающей и постоянной – образование на протяжении всей жизни); создание организационных и правовых условий для привлечения ведущих учёных к подготовке высококвалифицированных специалистов и научных кадров высшей квалификации; совершенствование системы мер по повышению мотивации и социальной защищённости молодых учёных, создание возможностей для их профессионального роста; развитие и государственная поддержка изобретательства и инженерно-технического творчества.

Инструментами стимулирования научно-технологического развития является развитие кадрового потенциала. Кадры интеллектуальной экономики – ключевой фактор перспективной модели развития Беларуси. Всемерное наращивание квалификации и профессионализма кадрового потенциала, повышение социального статуса учёного, создание возможностей для его самореализации и профессионального роста должны стать областями приоритетного внимания государства.

В рамках активизации процессов создания задела для передовых технических укладов общими принципами развития кадрового потенциала в Беларуси должны стать:

1. Усиление кооперации образования, фундаментальной и прикладной науки:

- внедрение механизма целевой подготовки научных работников высшей квалификации в отечественных и зарубежных учреждениях образования и научных организациях по приоритетным научным специально-

стям и в соответствии с потребностями развития наукоёмких и высокотехнологических отраслей;

- практическая реализация концепции «Университет 3.0», которая предполагает создание интегрированной образовательной, научно-исследовательской и предпринимательской среды, обеспечивающей единство системы «образование–наука–инновации–коммерциализация–производство»;

- развитие сети отраслевых лабораторий для формирования научного задела корпоративной науки;

- развитие академической, университетской, отраслевой и корпоративной науки по приоритетным направлениям научной, научно-технической деятельности с учётом региональных особенностей;

- обеспечение практической ориентированности образования, в том числе на базе филиалов кафедр в организациях реального сектора, академической и отраслевой науки;

- расширение взаимодействия университетов с отраслями и организациями – заказчиками кадров.

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

3. Всеобщая цифровизация образовательных технологий;

4. Интеграция в мировые образовательные сети;

Государственное управление в сфере науки и инноваций включает:

- формирование государственной научно-технической и инновационной политики, обеспечивающей неразрывность инновационного цикла – от идеи до создания производства;

- повышение научного уровня и практической ориентированности результатов исследований, в том числе: сохранение в фундаментальной науке направлений, обеспечивающих конкурентоспособность экономики;

- развитие системы технического регулирования, стандартизации и метрологии, а также национальной цифровой инфраструктуры качества, ориентированных на формирование благоприятных условий для разработки, внедрения в производство, продвижения на отечественные и зарубежные рынки высокотехнологичной и наукоёмкой продукции;

- развитие рынка прав интеллектуальной собственности;

- государственную поддержку международного научно-технического и инновационного сотрудничества, экспорта конкурентоспособной инновационной продукции;

- совершенствование системы стимулирования труда учёных.

Совершенствование системы организации и управления в сфере науки и инноваций в Беларуси обеспечит:

- интеграцию с реальным сектором экономики, включение научных организаций в кластерные структуры, ориентированные на получение наукоёмкой конечной продукции, способные осуществлять исследования и разработки мирового уровня, обеспечивать прорывной характер научно-технического развития;

– формирование сети экспертно-консалтинговых и инжиниринговых организаций (подразделений) для сопровождения научных проектов, реализации прав интеллектуальной собственности, комплексного внедрения технологий и разработки инновационных проектов;

– развитие информационного обеспечения белорусской науки путём создания и поддержки баз данных по научно-исследовательским разработкам, специализированных баз данных в целях сопровождения инновационной деятельности;

– развитие фонда патентных, нормативных документов по стандартизации и промышленных каталогов;

– создание новых технопарковых структур, в том числе, с вовлечением в науку молодого поколения и обеспечение для молодежи благоприятных условий для творчества, привлечение к работе в них наиболее талантливых учёных и педагогов;

– создание и развитие специализированных учебно-исследовательских лабораторий по приоритетным направлениям науки и технологий;

– целенаправленное ускоренное развитие материально-технической базы научных и образовательных учреждений Беларуси, а также заводских исследовательских лабораторий, центров, опытных производств.

В целях практической реализации Стратегии на базе ЦЗЛ ОАО «Витебскдрев» создан и успешно функционирует филиал кафедры «Техническое регулирование и товароведение» (ТРИТ). Филиал создан совместным решением администрации ОАО «Витебскдрев», и ректората УО «Витебский государственный технологический университет». В текущем году создана отраслевая научно-исследовательская лаборатория (ОНИЛ) по переработке отходов и созданию новых перспективных материалов с заданными свойствами.

Кафедра и её филиал на ОАО «Витебскдрев» предоставляют все технические возможности для творческой работы студентов, магистрантов и аспирантов: ОНИЛ по переработке отходов и перспективным материалам, оснащена необходимым технологическим и уникальным испытательным оборудованием для исследования свойств материалов. Научные разработки преподавателей, сотрудников, аспирантов, магистрантов и студентов кафедры «ТРИТ» активно воплощаются в заявки на объекты промышленной собственности. Кроме того, предоставляется своя база для прохождения стажировки специалистов испытательных центров отрасли, преподавателей и учёных УО Республики Беларусь и Российской Федерации.

В рамках работы филиала кафедры ТРИТ и в соответствии с Договором между УО и «ВГТУ» и ОАО «Витебскдрев» студентам предоставляется возможность ознакомиться с хозяйственно-экономической деятельностью предприятия, деятельностью отделов, служб, цехов предприятия.

Под руководством специалистов ЦЗЛ, студенты участвуют в испытании выпускаемой предприятием продукции, отборе проб и оформлении результатов испытаний, подготовке документов к повторной аккредитации ЦЗЛ. Ряд студентов выполняли НИР по освоению новых методов исследований. Например, определение электрофизических характеристик напольных ламинированных

покрытий. По результатам производственной практики студентами готовятся и защищаются отчёты.

Примером обучения студентов на предприятии является практическое занятие по теме «Системы экологического менеджмента» с участием студентов 4-го курса специальности 1-54 01 01-04 «Метрология, стандартизация и сертификация» и специалистов ОАО «Витебскдрев». На занятии рассматривались вопросы сертификации Систем управления охраной окружающей среды, цели и задачи Систем управления охраной окружающей среды и др. Специалисты предприятия ответили на вопросы студентов по эффективности функционирования систем управления охраной окружающей среды, выполнению предприятием целевых задач по снижению нагрузки на окружающую среду, экологической и санитарно-гигиенической безопасности выпускаемой продукции. Рассмотрены факторы, влияющие на экологическое и экономическое благополучие предприятия.

ЦЗЛ имеет в своём активе зарегистрированные патенты на изобретение новой продукции, технологий и методик выполнения измерений. Из 20 патентов и авторских свидетельств на изобретение, более 10 относятся к изобретениям новой продукции, остальные направлены на улучшение окружающей среды.

Лаборатория является соучастником конкурса «Лучшие товары Республики Беларусь» (плиты древесноволокнистые сухого способа производства; плиты древесноволокнистые мокрого способа производства; плиты древесноволокнистые сухого способа производства, в том числе повышенной влагостойкости).

С нашим участием получены:

- сертификат соответствия на плиту древесноволокнистую водостойкую сухого способа производства;
- сертификат соответствия на ПНЛ; на MDF (в том числе облицованные); на древесноволокнистую плиту (облагороженную); на ДВП мокрого способа производства.

Опубликовано более 200 материалов, в том числе 20 авторских свидетельств и патентов, 4 заявки на изобретения, 12 учебно-методических работ, рекомендации, ТР по изготовлению продукции из отходов, 2 СТБ, 8 ТУ; более 100 научно-практических докладов на МНПК.

Сотрудники ЦЗЛ участвуют в подготовке рецензий на проекты ТКП, СТБ, ГОСТ, переводы EN и ISO. В рамках работы ТКС 09 разработаны два СТБ на изделия из древесины «Плиты древесностружечные для строительства» и «Изделия из древесины для малоэтажного домостроения».

Получены дипломы и знаки за участие и победу в конкурсах «Компетентность – 2017» и «Компетентность – 2020». Использование знака конкурса в рекламных материалах, посвящённых деятельности аккредитованной лаборатории в соответствии с областью аккредитации, способствует привлечению новых партнеров и заказчиков, открывает для нас новые бизнес-возможности.

По заданию ГКНТ РБ специалисты ЦЗЛ выступают в качестве экспертов. Объектом государственной экспертизы, например, в 2020 г., стала разработка методов переработки и утилизации древесной коры для получения топлива и

материалов для широкого функционального назначения, состоящий из двух научно-исследовательских работ (НИР). Разработана технология и сертифицирован новый вид продукции (водостойкая плита MDF). Подготовлены составы для изготовления огнестойкой плиты MDF.

В соответствии с СМК ОАО «Витебскдрев» поддерживается система менеджмента знаний. Фонд технической литературы составляет 11 тыс. экземпляров, ТНПА и нормативных правовых актов (НПА) – 3100 ед. Общее количество используемых только в работе ЦЗЛ ТНПА, НПА, локальных НПА, рабочих инструкций, методик выполнения измерений составляет 528 единиц. ими могут пользоваться студенты, специалисты и преподаватели, проходящие практику, стажировку.

ЦЗЛ имеет в своем фонде около 200 источников информации – РИ, материалы МНПК, публикации сотрудников, патенты, отчёты по результатам НИР, учебно-методические пособия для студентов, в том числе отчёты по результатам практики, образцы изделий, изготовленных из отходов производства, материалы древесины с заданными свойствами. Они являются интеллектуальной собственностью ЦЗЛ. В 2020 г. с предприятия направлено три специалиста, в том числе один работник ЦЗЛ, в аспирантуру. Два специалиста предприятия закончили магистратуру. Студенты Витебского государственного технологического университета в том числе иностранные, Белорусского государственного технологического университета, технического колледжа кроме прохождения производственной и преддипломной практики, выполняют практические занятия по экспертизе мебельных и строительных материалов, метрологии, стандартизации и сертификации продукции, участвуют в реализации НИР по переработке отходов, выполняют дипломное проектирование.

В феврале 2021 г. подписано соглашение о создании деревообрабатывающего кластера на площадке свободной экономической зоны (СЭЗ) «Витебск». Участники кластера могут пользоваться услугами испытательной базой ЦЗЛ ОАО «Витебскдрев». Сотрудники ЦЗЛ постоянно повышают свой профессиональный уровень путём повышения квалификации на курсах стажировки, участием в МЛС, внутрилабораторном контроле, тех. учёбе. Главные специалисты ЦЗЛ проходили обучение в Германии по применению европейских и международных стандартов в лабораторной практике.

В областном туре конкурса «100 идей для Беларуси», реализуемый Белорусским республиканским союзом молодежи, Государственным комитетом по науке и технологиям и с этого года НАН Беларуси при поддержке Министерства образования, кафедра и её филиал представили жюри проект по переработке отходов с разработкой новой технологии получения композиционных материалов для декинга (палубной доски). Она применяется в строительстве террас, дорожек, беседок, лоджий, малых архитектурных форм. В Беларуси декинг делается из полимерной композиции. Мы добавляем в этот материал текстильные отходы, что удешевит его производство, улучшит свойства и снизит стоимость продукта.

В последнее время падает интерес абитуриентов к специальности «Метролог». В тоже время метрология является одним из важнейших инструментов

достоверности результатов исследований материалов и продукции, повышения ее качества, безопасности и конкурентоспособности.

Филиалом кафедры «Техническое регулирование и товароведение» совместно с руководством предприятия ОАО «Витебскдрев», преподавателями кафедры «Техническое регулирование и товароведение» УО «Витебский государственный технологический университет», Полоцким и Оршанским ЦСМиС с участием школ и колледжей Витебской области, в ноябре текущего года, создан Метрологический кластер.

Целью кластера является консолидация научно-образовательного и профессионального потенциала, направленного на профессиональную ориентацию выпускников учреждений общего среднего образования, популяризацию специальности «Метрология, стандартизация и контроль качества», а также внедрения образовательных инноваций.

В рамках создания Кластера предусматривается широкий спектр сотрудничества: проведение совместных мероприятий с участием специалистов, организация «университетских суббот» с мастер-классами для учащихся выпускных классов школ и гимназий, популяризация метрологии, стандартизации и сертификации в детских дошкольных учреждениях и школах и др.

Таким образом, в развитие положений стратегии «Наука и технологии: 2018 – 2040», нами создана научно-практическая база по подготовке инженерных кадров, в том числе высшей квалификации, проведению НИР с широким привлечением специалистов учебных и научных учреждений и предприятий, в том числе Российской Федерации.

Литература:

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

УДК 547.564.31, 674.817-41

Исследование процесса введения фунгистатического препарата в древесноволокнистый полуфабрикат, полученный из отходов лесозаготовок

М.А. Зырянов, С.О. Медведев, А.А. Кукушкин

Лесосибирский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»

Целью является изучение возможности введения в структуру древесноволокнистого полуфабриката красящего фунгистатического препарата «Нитрофунгин» в условиях лесозаготовок для улучшения качества товарной продукции. Объект исследований представляет собой избыточные отходы на лесозаготовках и невозможность их переработки в полуфабрикат с заданными свой-

ствами. На основе авторского метода подготовки древесного волокна из порубочных остатков и отходов лесозаготовок предложен метод окрашивания и обработки фунгистатическим составом древесноволокнистых плит (ДВП) в кислой среде уксусной кислоты. Практическая значимость данной работы заключается в возможности модификации и облагораживания заготовок ДВП в условиях лесосеки и снижения количества отходов лесозаготовок.

Ключевые слова: окрашивание, Нитрофунгин, уксусная кислота, древесноволокнистый полуфабрикат.

Существует множество различных листовых материалов, некоторые из них представляют собой переплетённые древесные волокна, такие плиты называют древесноволокнистыми. Эти материалы удобно получать из древесных отходов либо низкосортной древесины. В некоторых случаях, исходя из материальной базы и технических возможностей предприятия, в качестве исходного материала используют одновременно как древесные отходы, так и дровяную древесину в круглом виде.

Обработка поверхностей древесноволокнистых плит (ДВП) часто практикуется на крупных предприятиях, выпускающих различные виды плит. Зачастую используют различные лакокрасочные материалы или декоративные плёночные материалы на основе бумаг и полимеров [1].

Исходя из требуемых свойств, учитываются различные характеристики готового изделия, такие как: пористость материала, наличие связующих (например, клея), требуемая плотность в локальной части плиты, суммарная твёрдость и хрупкость. А также множество других характеристик, возникающих при дальнейшей эксплуатации готового изделия. Для этого зачастую применяются такие методы отделки как ламинирование и обработка лакокрасочными материалами. Например, для лицевого покрытия используют эмали и лаки.

Известны работы 70-х годов XX века по разработке технологий облагораживания плитных материалов непосредственно в процессе их изготовления. Технологии облицовывания древесных плит (ДВП сухого способа производства) с применением плёночных материалов на основе различного вида бумаг и полимерных плёнок были предложены в виде непрерывного конвейерного прессования на стадии получения плиты, где одновременно на пресс подаётся волокнистая масса и плёнка с последующим термическим ламинированием.

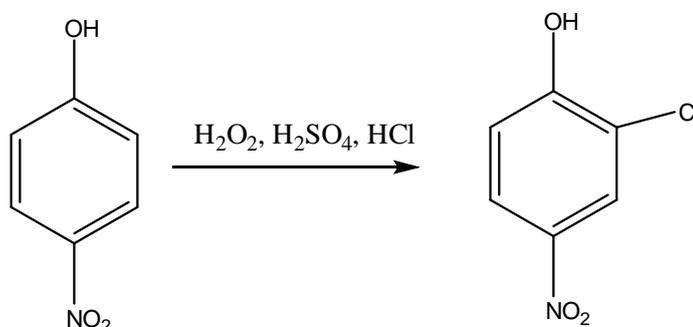
В настоящее время изучаются способы глубокого крашения и обработки древесных плит непосредственно на стадии их изготовления из волокна либо опилок. Пропитывать модифицирующими веществами измельчённые древесные частицы значительно проще, чем древесину, и, соответственно, уменьшение размера частиц положительно сказывается на процессе окрашивания и обработки различными пропитками, однако, формирование плит из древесной муки нецелесообразно и лучше древесное волокно. Для достижения требуемого эффекта важно, чтобы добавка проникала в структуру волокна. Осуществлять данную процедуру проще путём погружения древесного наполнителя в раствор модификатора. В этом и заключается ключевая особенность способа. Для этого чаще всего используются различные химические красители как органического

характера, так и минерального, например, хлорид железа трёхвалентного, однако они относительно нестойки к внешним воздействиям среды, в результате окрашенные плиты теряют свойства, задаваемые при изготовлении [2].

В свою очередь существуют органические соединения, которые хорошо окрашивают и обладают фунгистатическим действием, что снимает часть возможных внешних факторов ухудшения качества окраски, например, «Нитрофунгин» [3, 4]. Однако из-за его низкой растворимости в воде, происходит осаждение на поверхностном слое волокна и модификация волокна происходит неравномерно.

Поэтому целью данного исследования было изучение способа введения фунгистатического препарата «Нитрофунгин» в древесноволокнистый полуфабрикат на стадии подготовки волокна для равномерного окрашивания и распределения по структуре заготовки ДВП.

Нитрофунгин получали следующим методом:



В реактор, при включенном перемешивающем устройстве, вносят 3,37 л 55 % H₂SO₄ и 0,35 л 36 % HCl. Температура смеси кислот не должна превышать 20 °С, для этого смесь охлаждают ледяной водой с помощью рубашки реактора. Затем добавляют 1 кг измельчённого 4-нитрофенола. Далее начинают плавно дозировать 0,76 л 30 % перексид водорода, не допуская разогрева выше 28 °С и избегая зон застоя реакционной массы при перемешивании в течение 6 ч. После окончания введения окислителя раствор дополнительного перемешивают в течение 3 ч. Образовавшийся в виде осадка 2-хлор-4-нитрофенол, фильтруют на друк-фильтре и промывают избытком холодной воды [4].

Для изучения влияния вводимой добавки нами был выбран авторский способ получения древесноволокнистого полуфабриката из переработанных в щепу отходов лесозаготовок в виде ветвей, вершин и сучьев. В бункер для подготовки, наполненный раствором уксусной кислоты, подавалась щепа из отходов лесозаготовок. Щепа обрабатывалась около получаса при температуре 50...60 °С. Это позволяло осуществить делигнификацию порубочных остатков, что обеспечивало пластичность древесины в процессе размола [5].

Для этого были определены достаточные концентрации уксусной кислоты, при которых происходит полное растворение органического соединения и частичная делигнификация древесных волокон, которые представлены в таблице, однако, если осуществлять данный процесс в условиях лесозаготовок, то рекомендуется использовать максимально низкую концентрацию уксусной кислоты, несмотря на снижение образования ацетатных связей.

Таблица – Показатели растворения «Нитрофунгина»

№	Концентрация уксусной кислоты, %	Растворимость «Нитрофунгина», % от объёма растворителя	Наличие красящего / фунгистатического действия
1	70	Полное растворение	да
2	60	Полное растворение	да
3	50	Полное растворение	да
4	40	Полное растворение	да
5	30	Растворимость от 30 % до 50 %	да
6	20	Растворимость от 5 % до 10 %	да
7	15	Растворимость от 2 % до 5 %	да
8	10	Низкая растворимость менее 2 %	нет

Из данных таблицы видно, что снижение концентрации кислоты менее 15 % приводит к выпадению кристаллов вещества, соответственно снижению окрашивания и низкому коэффициенту обработки волокон фунгистатическим препаратом. Однако повышение концентрации уксусной кислоты выше определённого предела также ведёт к дополнительным требованиям к оборудованию и другим расходам, связанным с эксплуатацией в условиях лесозаготовок. Поэтому были определены оптимальные концентрации, которые позволяют сохранить полезное действие вводимых добавок.

Нами был выбран авторский способ получения древесноволокнистого полуфабриката из переработанных в щепу отходов лесозаготовок в виде ветвей, вершин и сучьев. Отходы лесозаготовок в условиях лесосеки подавались в бункер подготовки щепы, заполненный разбавленной уксусной кислотой и «Нитрофунгином» (2 % от объёма раствора). Модификация щепы осуществлялась около 20 минут при температуре 50...60 °С. В этих условиях также происходил процесс делигнификации, уменьшающий связеобразующие силы и обеспечивающий заданную пластичность исходного материала в процессе размола.

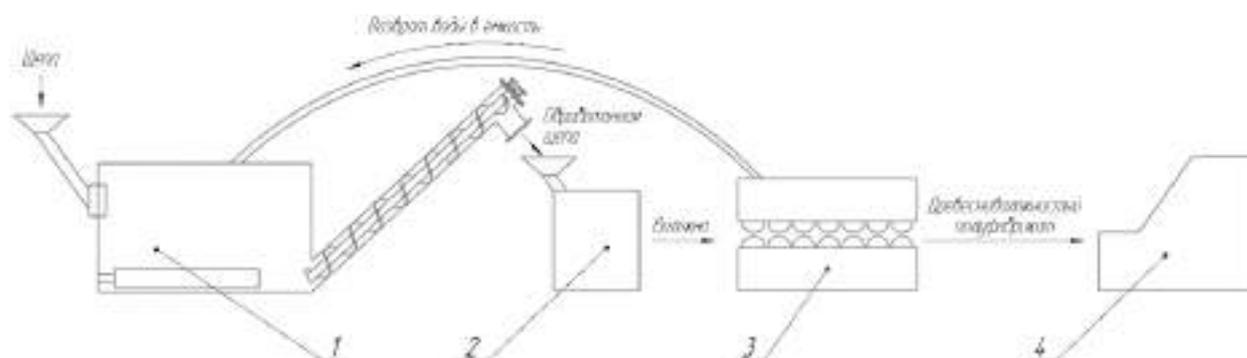


Рис. 1. Схема установки: 1 – бункер для щепы; 2 – устройство для размола; 3 – отжимная машина; 4 – упаковщик.

Таким образом, в ходе исследований был испытан и предложен метод введения в условиях лесозаготовок в древесноволокнистый полуфабрикат фунгистатического вещества с красящими свойствами, которое удобно растворяется в уксусной кислоте при невысоких концентрациях. А использование уксусной кислоты в данном процессе также оказывает положительное влияние на струк-

туру волокна, обеспечивая процесс делигнификации и ацилирования, что положительно сказывается на подготовке щепы к размолу.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Краевого фонда науки и ООО «Красресурс 24» в рамках научного проекта № 2022052708731.

Литература:

1. *Волынский В.Н.* Технология древесных плит и композиционных материалов: Учебно-справочное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 336 с.

2. *Никитин А.А., Чернова С.Е., Горбунова В.В.* Окрашивание поверхности ДВП в процессе изготовления плит мокрым способом // Наука без границ. 2019. № 3(31). – С. 13-19.

3. Нитрофунгин (Nitrofungin) // Регистр лекарственных средств России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rlsnet.ru/drugs/nitrofungin-2198> (дата обращения 03.02.2023).

4. Патент № 2 269 511 С2 Российская Федерация, МПК С07С 205/26. Способ получения 2-хлор-4-нитрофенола: № 2003129427/04: заявл. 01.10.2003: опубл. 27.03.2005 / Г. А. Субоч, В. В. Скобелев, О.В. Биндарович, В.Е. Задов; заявитель ФГБУ ВО «Сибирский государственный технологический университет».

5. Патент №2 745 866 С1 Российская Федерация, МПК D21В 1/02, D21D 1/02. Способ получения древесно-волокнутого полуфабриката: № 2020121427: заявл. 23.06.2020 : опубл. 02.04.2021/ М. А. Зырянов, С. В. Сыромятников, С.О. Медведев, А.П. Мохирев; заявитель Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева».

УДК 691.115

Исследование процесса добавления древесной зелени хвойных пород в плитную продукцию

М.А Зырянов, С.О. Медведев, В.Л. Сурничев, Е.А. Семененко
Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет имени академика М.Ф. Решетнева»

После лесозаготовительных работ на лесосеке остаётся большое количество древесных отходов, в том числе древесная зелень хвойных пород. Настоящие исследования проведены с целью установления зависимости физико-механических показателей плит от содержания древесной зелени хвойных пород в виде муки.

Ключевые слова: волокно, древесная зелень, древесноволокнистая плита, математическая модель, отходы, плотность, порубочные остатки, прочность, хвоя.

В ходе изучения литературных источников [4-6], было выявлено, что хвойные породы являются ценным сырьём для производства лесохимической продукции, так как они богаты биологически активными веществами, такими как эфирные

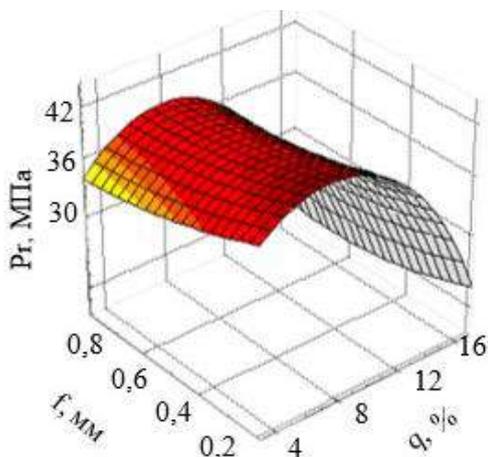


Рис. 1. Зависимость значения показателя прочности ДВП от содержания и размеров частиц хвойной муки

масла, витамины, каротин, углеводы, микроэлементы и белки. Технологии производства различного вида хвойных продуктов, включают такие операции, как: сортировка древесной зелени, с разделением на хвойные лапки и ветки, для последующей переработки [1, 2].

На данный момент, из-за отсутствия технологии переработки отходов хвойных пород в лесозаготовительных условиях, в переработке задействовано около 4 % хвои от всей массы. Для увеличения объёмов переработки и применения хвои была разработана технология переработки древесной зелени хвойных пород в условиях лесозаготовительных работ с использованием инновационного мобильного оборудования. Предлагаемая установка предназначена для производства хвойной муки.

В ходе анализа ряда исследований [2], выявлено, что возможным направлением использования полуфабрикатов из хвои, является производство древесноволокнистых плит (ДВП). Для того, чтобы оценить влияние добавления хвойной муки на физико-механические показатели ДВП был спланирован и реализован эксперимент.

Для проведения экспериментального исследования была произведена выборка древесной зелени сосны на вырубке в Ангаро-Енисейском регионе. Древесную

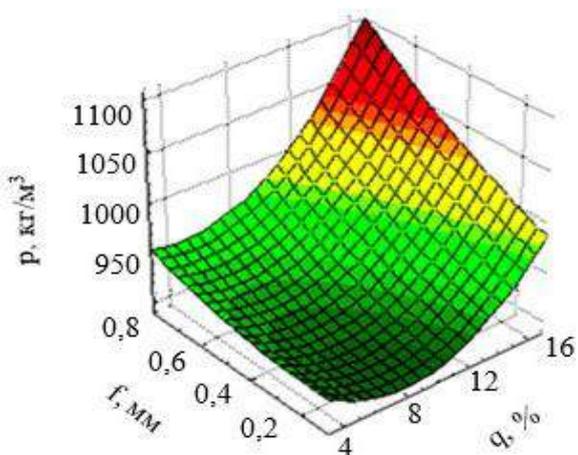


Рис. 2. Зависимость значения показателя плотности ДВП от содержания и размеров частиц хвойной муки

зелень отбирали с двух ветвей нижнего, среднего и верхнего полога деревьев. С целью реализации исследований было заготовлено более 650 образцов древесной зелени хвойных пород. Хвойные образцы герметично пакетировались и отправлялись в лабораторию для дальнейшего изучения.

Измельчённая до установленного размера хвоя сосны соединялась с древесно-волокнистой массой производства АО «Лесосибирский ЛДК №1» для образования древесноволокнистого ковра, который прессовался с помощью лабораторного пресса по стандартной циклограмме.

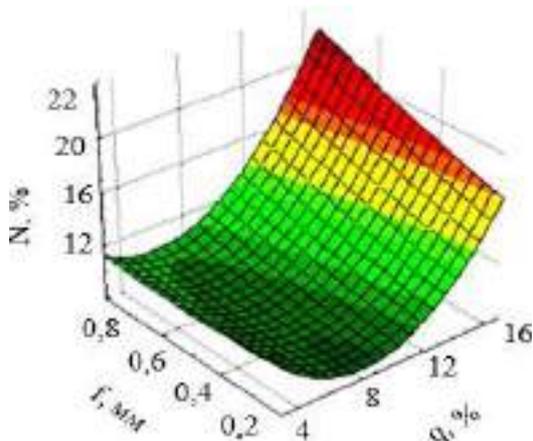


Рис. 3. Зависимость значения показателя водопоглощения ДВП от содержания и размеров частиц хвойной муки

ская прочность на изгиб ($\sigma_{\text{изг}}$), водопоглощение (N) и разбухание (W) древесноволокнистой плиты.

В ходе планирования эксперимента была составлена функциональная зависимость:

$$\sigma_{\text{изг}}, \rho, N, W = f(q, f), \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{изг}}$ – прочность на изгиб, МПа; N – водопоглощение, %; W – разбухание, %; q – доля добавляемой хвойной муки, %; f – размер частиц хвой, мм.

Обработка экспериментальных данных с использованием современных экспериментальных и лабораторных баз измерений при достаточном уровне метрологического обеспечения исследований приводит к взаимосвязям физико-механических показателей с процентным содержанием измельчённой хвой в общей массе и габаритными размерами частиц, в следующих уравнениях:

$$\sigma_{\text{изг}} = 1580,13 - 16,85 \cdot q + 50,07 \cdot f + 0,08 \cdot q \cdot f - 0,03 \cdot q^2 + 0,34 \cdot f^2, \quad (2)$$

$$\rho = 23742,05 - 186,87 \cdot q - 642,22 \cdot f + 1,71 \cdot q \cdot f + 1,05 \cdot q^2 + 3,22 \cdot f^2, \quad (3)$$

$$N = -35749,2 + 127,01 \cdot q + 965,86 \cdot f - 1,24 \cdot q \cdot f + 0,08 \cdot q^2 - 4,66 \cdot f^2, \quad (4)$$

$$W = -16327,4 + 10,12 \cdot q + 453,49 \cdot f - 0,18 \cdot q \cdot f + 0,56 \cdot q^2 - 2,22 \cdot f^2, \quad (5)$$

Расчёт подтверждает, что все коэффициенты в уравнении регрессии значимы.

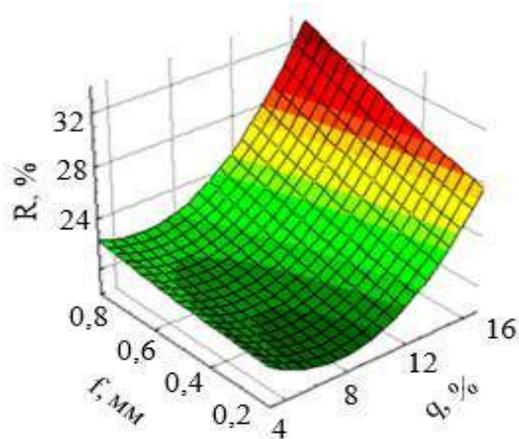


Рис. 4. Зависимость набухания ДВП от содержания и размеров частиц хвойной муки

Физико-механические свойства плит, оценивались в соответствии со стандартными методами, приведёнными в ГОСТ 4598-86, в лабораторных и производственных условиях.

В качестве основного метода получения статистических и математических описаний изучаемых процессов используется активный эксперимент. В качестве входных параметров были выбраны: доля добавляемой хвойной муки (q) и размер частиц хвой (f).

Выбранными выходными параметрами являются: плотность (ρ), статическая

На основании разработанной программы активного многофакторного эксперимента была реализована серия опытов и получен массив данных. Результаты экспериментальных исследований обрабатывались в среде программы Statistica, итогом чего стали регрессионные зависимости, описывающие исследуемый процесс. Анализ данных уравнений показал, что они адекватны при доверительной вероятности 95...99 %. Величи

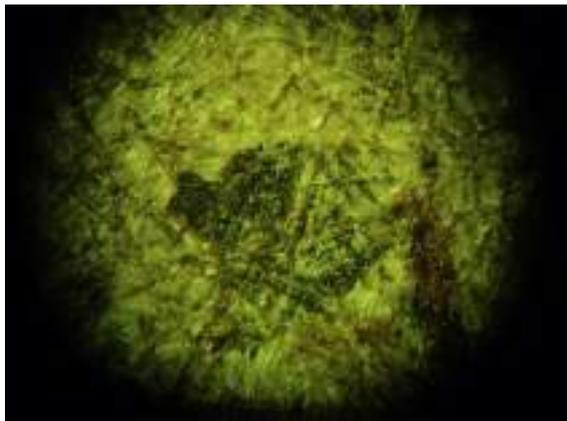


Рис. 5. Фото лицевой пласти (а) и ребра (б) плиты с добавлением хвойной муки, увеличение 80 крат

параметров ДВП от содержания хвойной муки и размера её частиц.

На рис. 1 видно, что величина прочности полученных плит, увеличивается с повышением количества хвойной муки от 2 до 10 %. При включении мелкой фракции хвои более 12 %, значительно снижается прочность плиты на растяжение при статическом изгибе. Величина прочности плиты снижается с повышением размеров частиц хвойной муки. При повышении размеров в диапазоне от 0,2 мм до 0,8 мм, величина прочности несущественно снижается и остаётся в пределах 34 МПа.

Анализируя графическую зависимость, представленную на рис. 2 видно, что плотность ДВП увеличивается при увеличении содержания хвойной муки и размера её частиц. Величина плотности набирает предельное значение 990 кг/м³ при добавлении 14,5 % хвойной муки с размером частиц 0,7 мм.

Анализируя графики, представленные на рис. 3 и рис. 4 видно, что водопоглощение и набухание ДВП, возрастают при увеличении содержания муки до 8 %. Достигают максимального значения при размере частиц 0,7 мм.

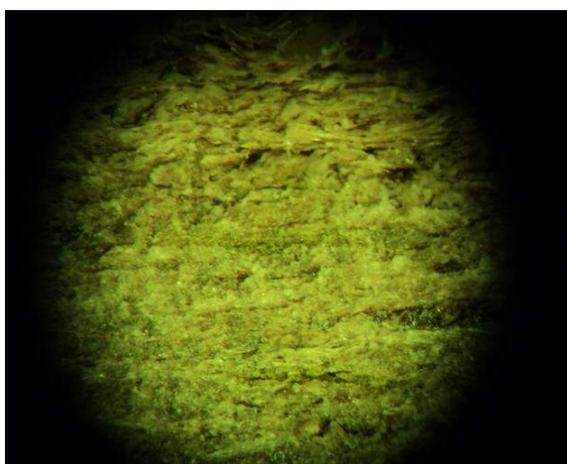


Рис. 6. Фото лицевой пласти (а) и ребра (б) плиты с добавлением хвойной муки, увеличение 80 крат

на достоверности аппроксимации составила $0,9902 \leq R2 \leq 0,9987$. Оценка значимости коэффициентов проводилась в соответствии с методикой, с помощью t-критерия Стьюдента. Проверка моделей с помощью F-критерия Фишера показала их адекватность. Для анализа действия исследуемых факторов на физико-механические свойства ДВП были построены поверхности отклика по уравнениям 2–5

Поверхность отклика, в свою очередь предоставляет в полной мере демонстрацию зависимости физико-механических

Для изучения процесса формирования тела плиты с добавлением измельчённой хвои, древесноволокнистую плиту анализировали с помощью цифрового микроскопа ЛВ-34 с максимальным увеличением до 100 крат. На рис. 5 приведены микрофотографии ДВП с включением в состав плиты хвойной муки. Анализ изображения показывает, что хвойные частицы создают связи между волокнами древесины.

Таким образом, анализ результатов исследований продемонстрировал, что величина физико-механических показателей древесноволокнистой плиты отвечает группе Б по ГОСТ 4598-86 при добавлении хвойной муки с размером частиц от 0,2 до

0,5 мм в количестве до 11,5 %.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Краевого фонда науки в рамках научного проекта № 2022110509022

Литература:

1. Андреева А.А. Разработка конструкции ножей для переработки хвои в хвойно-витаминную муку / Андреева А. А., Швецов В. Ю. // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. – 2021. – С. 353-355.

2. Дымченко В.Э., Петрушева Н.А., Ильязова Э.А., Липилин М.М. Методика рационального использования древесной муки в бытовом производстве / Гуманитарные. естественно-научные и технические аспекты современности. Материалы XXXIII Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х частях. Том Часть 1. 2021. – С. 304-305.

3. Зырянов М.А. Анализ процесса переработки порубочных остатков в условиях лесозаготовительных работ / Зырянов М.А., Медведев С.О., Швецов В.Ю., Миляева И.Г. // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. Вып. 21. – С. 40-42.

4. Зырянов М.А. Влияние добавки измельченной хвои на качественные показатели древесноволокнистой плиты / Зырянов М.А., Медведев С.О., Мохирев А.П. // ИВУЗ, Лесной журнал. 2021. Вып. 381. – С. 125-132.

5. Миронов Н.И. Перспективы производства хвойной витаминной муки / Миронов Н.И., Никончук А. В. // Научный лидер. 2021. Вып.15. – С. 111-113.

6. Швецов В.Ю., Зырянов М.А., Миляева И.Г., Дождев Е.Н. Исследование процесса переработки порубочных остатков в условиях лесозаготовительных работ // Наука и бизнес: пути развития. 2021. Вып. 118. – С. 55-59.

УДК 674.817-41

Плитные материалы строительного назначения из отходов древесной промышленности с добавлением отходов кожкартонов

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

¹ОАО «Витебскдрев»

²УО «ВГТУ»

Любые отходы по своему химическому составу, агрегатному состоянию и физическим параметрам являются потенциальным возобновляемым ресурсом. Данные показатели могут служить основой для новой классификации и экспертизы отходов как сырья для изготовления продукции с использованием традиционных или вновь создаваемых современных технологий переработки отходов.

Ключевые слова: плитные материалы, отходы, кожкартон, обувной картон, технология.

Актуальность в сфере обращения с отходами обусловлена двумя причина-

ми: во-первых, отходы, как правило, содержат полезные вещества и материалы, неэффективное использование которых означает их потерю для экономики; во-вторых, они загрязняют окружающую природную среду.

Переработка отходов позволит снизить количество первичных сырьевых ресурсов, расширить ассортимент выпускаемой продукции, снизить материалоемкость продукции, уменьшить количество отходов, подлежащих захоронению и обезвреживанию, что, в свою очередь, сократит отрицательную нагрузку на окружающую среду, позволит перевести предприятие в разряд ресурсосберегающих, мало- и безотходных [1].

На основе разработанных дополнительных признаков классификации производственных отходов деревообрабатывающих предприятий и предприятий лёгкой промышленности (физическая структура и химический состав, отношение к температуре, влаге и др.) ОАО «Витебскдрев» и УО «ВГТУ» ведут работы по изготовлению из отходов конструкционных и теплозвукоизоляционных материалы для строительства [2].

Разработана технология по совместному использованию древесных отходов и отходов кожевенных картонов, образующихся на обувных предприятиях.

Состав композиции для изготовления композиционных древесных пластиков – волокно отходов производства MDF (древесноволокнистые плиты средней плотности от англ. medium density fibreboard) с добавкой измельчённой обувной картон, клей КФС, карбамидоформальдегидная смола (КФС) и карбамид (для снижения токсичности изделий).

Образцы изготавливались методом термоформования с использованием горячего гидравлического пресса. Регулировалось давление, температура и время прессования. Использованное сырьё для производства композитных плит приведено на рисунке.



Рисунок. Использованное сырьё для производства композитных плит (слева направо: обувной картон марки СЦМ; обувной картон марки 3-1; кожкартон марки КПЖ; древесное волокно)

Технологический процесс изготовления композиционных материалов из древесных отходов с добавлением отходов обувных картонов состоит из следующих технологических операций:

- 1) подготовка отходов;
- 2) приготовление связующего;
- 3) формирование композиционной смеси;

- 4) горячее прессование;
- 5) послепрессовая обработка (охлаждение, обрезка);
- 6) упаковка.

В ходе исследования возможности изготовления композиционных материалов из отходов получены материалы с разными массовыми долями отходов. В качестве связующего вещества использовали фенольную смолу. Менялись также технологические параметры прессования – давление, температура и длительность прессования. Получено около 30 образцов композиционных материалов с разными физико-механическими свойствами.

Анализ результатов испытаний и внешнего осмотра получившихся образцов показал, что изменения температурного режима, давления и его время воздействия, по-разному влияют на плотность. Высокая температура отрицательно влияет на внешний вид плит состоящих из картонов с высоким наличием кожевенных волокон – появляются прогоревшие чёрные пятна. Волокна перегреваются и начинают плавиться, это плохо влияет на товарный вид, а также на прочностные характеристики изделия.

Плиты, состоящие из картонов с высоким содержанием кожевенных волокон наиболее хрупки, это накладывает определённые трудности при транспортировке, а также при непосредственном использовании потребителем. Эта проблема решена путём введения дополнительных технологических процессов.

В дальнейшем планируется изучение влияния каждого параметра на качественные характеристики готового изделия, такие как: прочность на изгиб, прочность на разрыв, класс эмиссии формальдегида и пр. Однако уже сейчас можно признать, что отходы обувных картонов пригодны в качестве сырьевой добавки материалов строительного назначения.

Исследования рынка использования полученных материалов показал, что листовые материалы, полученные из отходов обувного картона и древесного волокна, могут использоваться в строительстве в качестве подкладки для настила полов из ламинированного покрытия и в качестве перегородок в помещениях с отделкой декоративными обоями или покраской, где не происходит долговременного контакта материала с влагой.

Литература:

1. Волкович А.Н., Грошев И.М., Дойлин Ю.В., Кожемяко А.А., Дубоделова Е.В. Анализ развития деревообрабатывающей отрасли Республики Беларусь // Древесные плиты и фанера : теория и практика: материалы XXIV Всероссийской научно-практической конференции, – Санкт-Петербург, 2021. – С. 14-16.

2. Грошев И.М., Соколова Е.М., Зимина Е.Л. Товароведная экспертиза и классификация отходов легкой и деревообрабатывающей промышленности и направления их использования в Республике Беларусь // Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов Международной научно-технической конференции. – Витебск, 2015. – С. 337-339.

Алфавитный список авторов

Аким Эдуард Львович – заведующий кафедрой технологии целлюлозы и композиционных материалов Высшей школы технологии и энергетики Санкт - Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, д.т.н., профессор, г. Санкт-Петербург (E-mail: akim-ed@mail.ru).

Афанасьев Сергей Васильевич – доцент по специальности «Экология» ПАО «ТоАЗ», к.х.н., д.т.н., г. Тольятти (E-mail: svaf77@mail.ru).

Бардонов Василий Андреевич – генеральный директор ООО ЦСЛ «Лес-сертика», к.т.н., академик РАПК, г. Балабаново (E-mail: lessertika@ya.ru).

Болачков Сергей Николаевич – заместитель генерального директора по производству ОАО «Речицадрев», г. Речица, Республика Беларусь (E-mail: bolachkov.s@rechdrev.by).

Буркин Александр Николаевич – заведующий кафедрой «Техническое регулирование и товароведения» УО «ВГТУ», профессор, д.т.н., г. Витебск (E-mail: a.burkin@tut.by).

Быкова Алла Антоновна – главный технолог ОАО «Речицадрев», г. Речица, Республика Беларусь (E-mail: bykova.a@rechdrev.by).

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

Васильев Виктор Владимирович – доцент кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, к.т.н., г. Санкт-Петербург (E-mail: victorvasil@mail.ru).

Васичев Алексей Геннадьевич – руководитель филиала фирмы «ГреКон» в РФ и странах СНГ, г. Москва (Email: Alexey.Vasichev@grecon.ru).

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

Воронин Даниил Николаевич – студент кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург (E-mail: daniil.voronin.2002@mail.ru).

Гончар Александр Николаевич – заместитель директора по научной работе СООО «СинерджиКом», г. Минск, Республика Беларусь (E-mail: agonchar@synergyhorizon.com).

Грошев Иван Михайлович – начальник ЦЗЛ ОАО «Витебскдрев», доцент, к.т.н., г. Витебск (E-mail: groshev.i@vitebskdrev.com).

Дойлин Юрий Владимирович – генеральный директор ОАО «Витебскдрев», аспирант кафедры «Техническое регулирование и товароведения» УО «ВГТУ», г. Витебск (E-mail: drev@vitebsk.by).

Дубоделова Екатерина Владимировна – УО «БГТУ», доцент, к.т.н., г. Минск, Республика Беларусь (E-mail: katedubodelova@tut.by).

Ефимова Татьяна Владимировна – доцент кафедры механической технологии древесины ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, профессор, к.т.н., г. Воронеж (E-mail: tanechka-ef@rambler.ru).

Заровский Андрей Дмитриевич – директор ООО «ФедВар», г. Минск, Республика Беларусь (E-mail: sofexbel@tut.by).

Зырянов Михаил Алексеевич – доцент кафедры информационных и технических систем, Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», к.т.н., доцент, г. Лесосибирск (E-mail: zuryanov13@mail.ru).

Иванов Даниил Валерьевич – доцент кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, к.т.н., г. Санкт-Петербург (E-mail: ivanov.d.v.spb@74.ru)

Ищенко Татьяна Леонидовна – доцент кафедры механической технологии древесины ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, профессор, к.т.н., г. Воронеж (E-mail: tl_ischenko@mail.ru).

Калашников Алексей Алексеевич – специалист проектного офиса ООО «Парфинский фанерный комбинат», пгт. Парфино (E-mail: kalashnikov-98@mail.ru).

Кантиева Екатерина Валентиновна – доцент, заведующий кафедрой механической технологии древесины ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, профессор, к.т.н., г. Воронеж ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», механической технологии древесины, к.т.н., доцент, (E-mail: ekantieva@mail.ru).

Кожемяко Александр Александрович – заместитель генерального директора по производству ОАО «Витебскдрев», соискатель, г. Витебск, Республика Беларусь (E-mail: kozhemyako.a@wood.by).

Кукушкин Алексей Александрович – доцент кафедры органической химии и технологии органических веществ, Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», к.х.н. (E-mail: alekseykukushkin@bk.ru)

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

Луканин Павел Владимирович – первый проректор, директор Высшей школы технологии и энергетики, профессор, профессор кафедры теплосиловых установок и тепловых двигателей Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, д.т.н. (E-mail: lukanin@gturp.spb.ru).

Медведев Сергей Олегович – доцент кафедры экономических и естественнонаучных дисциплин, Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», к.э.н., доцент, г. Лесосибирск. (E-mail: Medvedev_serega@mail.ru).

Никитин Анатолий Константинович – генеральный директор ООО «НЕВА – ПРОЕКТ» (E-mail: aknneva@gmail.com).

Пекарец Александр Андреевич – доцент кафедры технологии целлюлозы и композиционных материалов, проректор по дистанционному обучению Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, к.т.н. (E-mail: esrplus@yandex.ru).

Радюк Анастасия Николаевна – ассистент кафедры «Техническое регулирование и товароведения» УО «ВГТУ», к.т.н., г. Витебск (E-mail: trt@vstu.by).

Разиньков Егор Михайлович – профессор кафедры механической технологии древесины ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, профессор, д.т.н., г. Воронеж (E-mail: rasinkov50@mail.ru).

Раков Максим Александрович – студент кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. 194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия (E-mail: tld@spbftu.ru).

Русаков Дмитрий Сергеевич – доцент кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, к.т.н., доцент. 194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия (E-mail: dima-ru25@mail.ru).

Семененко Егор Андреевич – студент, Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», магистрант, г. Лесосибирск (E-mail: wolf241991@yandex.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 (E-mail: nikitinaek@rambler.ru).

Сурничев Валерий Львович – студент, Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», магистрант, г. Лесосибирск (E-mail: valerii110699@mail.ru).

Тарутько Константин Игоревич – ведущий инженер по метрологии ОАО «Витебскдрев», аспирант кафедры «Техническое регулирование и товароведения» УО «ВГТУ», г. Витебск (E-mail: zymmix@gmail.com).

Федорова Анна Михайловна – студент кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов СПбГЛТУ им. С.М. Кирова (E-mail: ann86277@gmail.com).

Федорова Олеся Вячеславовна – доцент кафедры технологии целлюлозы и композиционных материалов, проректор по дистанционному обучению Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, к.т.н. (E-mail: odo.gturp@mail.ru).

Шкетик Ольга Григорьевна – начальник управления качества ОАО «Витебскдрев», г. Витебск, Республика Беларусь (E-mail: shketik.o@vitebskdrev.com).

Шпак Сергей Иванович – доцент кафедры химической переработки древесины Белорусского государственного технологического университета, к.т.н., доцент (E-mail: spak_s@belstu.by).

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	1
Аким Э.Л. Релаксационные состояния полимерных компонентов древесины и их роль при биорефайнинге древесины.....	4
Леонович А.А. К особенностям теплоизоляционных древесноволокнистых материалов, создаваемых методом задувания в конструкции	14
Дойлин Ю.В., Кожемяко А.А., Грошев И.М., Шкетик О.Г., Дубоделова Е.В., Заровский А.Д. Древесноволокнистая плита средней плотности сухого способа производства повышенной водостойкости	18
Разиньков Е.М., Кантиева Е.В., Ефимова Т.В. Перспективные конструктивные разработки оборудования для совершенствования технологии древесных плит.....	22
Дойлин Ю.В., Грошев И.М., Волкович А.Н., Болачков С.Н. Особенности работы деревообрабатывающей отрасли Республики Беларусь в условиях санкций	29
Бардонов В.А. Направления обеспечения безопасности древесных плит, фанеры и мебели.....	34
Леонович А.А., Никитин А.К. Аспекты модернизации древесноплитного производства	37
Федорова О.В., Пекарец А.А., Аким Э.Л., Луканин П.В. Выделение лигнина из чёрного щёлока и его использование при биорефайнинге древесины	43
Васильев В.В. Кора берёзы – ценное сырьё для химической переработки	48
Васичев А.Г. Производство древесных плит с использованием современных контрольно-измерительных приборов и установок фирмы «ГреКон»	52
Раков М.А., Варанкина Г.С., Русаков Д.С. Обоснование параметров режима склеивания древесностружечных плит с использованием фенолоформальдегидных смол, модифицированных шлаком.....	58
Афанасьев С.В. Опыт публичного акционерного общества «Тольяттиазот» по созданию производства карбамидоформальдегидного концентрата марки КФК-85 с улучшенным комплексом свойств.....	63
Иванов Д.В., Воронин Д.Н., Федорова А.М. Возможности спектроскопии ядерного магнитного резонанса при анализе формальдегидсодержащих смол.	68
Разиньков Е.В., Ищенко Т.Л. Разработка конструкции равнопрочной фанеры	79
Кожемяко А.А., Гончар А.Н., Дубоделова Е.В., Шпак С.И., Быкова А.А., Грошев И.М., Болачков С.Н. Модификация карбамидоформальдегидных смол поликарбоксилатными лигнинами	85
Калашников А.А. Регулирование холодной липкости фанерных клеёв путём использования специальных наполнителей	90
Кожемяко А.А., Гончар А.Н., Дубоделова Е.В., Шпак С.И., Быкова А.А., Грошев И.М., Болачков С.Н. Влияние поликарбоксилатных лигнинов на эксплуатационные свойства фанеры общего назначения	93

<i>Соколова Е.Г.</i> Использование фенолоформальдегидной смолы модифицированной меламиноформальдегидной смолой для склеивания шпона	96
<i>Дойлин Ю.В., Грошев И.М., Тарутько К.И., Буркин А.Н., Радюк А.Н.</i> Подготовка инженерных кадров и специалистов высшей категории в условиях предприятия в соответствии с положениями Республиканской стратегии «Наука и технологии: 2018-2040 гг.»	99
<i>Зырянов М.А., Медведев С.О., Кукушкин А.А.</i> Исследование процесса введения фунгистатического препарата в древесноволокнистый полуфабрикат, полученный из отходов лесозаготовок	105
<i>Зырянов М.А., Медведев С.О., Сурничев В.Л., Семененко Е.А.</i> Исследование процесса добавления древесной зелени хвойных пород в плитную продукцию	109
<i>Тарутько К.И., Дойлин Ю.В., Грошев И.М., Буркин А.Н.</i> Плитные материалы строительного назначения из отходов древесной промышленности с добавлением отходов кожкартонов	113
Алфавитный список авторов	116

Научное издание

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
Леонович Адольф Ануфриевич

РЕДАКТОРЫ
Глазунова Маргарита Геннадьевна
Иванов Даниил Валерьевич

ДРЕВЕСНЫЕ ПЛИТЫ И ФАНЕРА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

XXVI Всероссийская научно-практическая конференция
21-22 марта 2023 г.

В авторской редакции с готового оригинал-макета

Подписано с оригинал-макета 15.03.2023
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 7,75 Заказ № 14 С 139

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

