

Дерево

ISSN 0011-9008

4/2016

обрабатывающая
промышленность

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



СЕНТЯБРЬ
SEPTEMBER

5–7

КРАСНОЯРСК
KRASNOYARSK

Ведущий региональный проект
по деревообработке в России!



XIX МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ExpoDrev Russia '17 KRASNOYARSK

INTERNATIONAL SPECIALIZED EXHIBITION

• ОБОРУДОВАНИЕ • ТЕХНОЛОГИИ • ИНСТРУМЕНТ • ОСНАСТКА
ДЛЯ ДЕРЕВООБРАБОТКИ, ЛЕСОЗАГОТОВКИ, МЕБЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

ИТОГИ
ВЫСТАВКИ 2016:

Площадь экспозиции: **6850** кв. м.
Количество экспонентов: **111**, из них **28** зарубежных компаний.
География экспонентов: **14** стран и **19** регионов России.

0+

МВДЦ «Сибирь»

г. Красноярск, ул. Авиаторов, 19
тел.: (391) 22-88-561, 22-88-611
expodrev@krasfair.ru

Организатор:



сибирь
международно-
выставочно-деловой центр
имени Карена Мураванова



Официальная поддержка:



СИБИРСКОЕ
СОГЛАШЕНИЕ

Генеральный
информационный партнер:

ЛЕСПРОМ
ИНФОРМ

Дерево —

4/2016 обрабатывающая
промышленность

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0011-9008

Учредитель: Редакция журнала
«Деревообрабатывающая промышленность»
Основан в апреле 1952 г.

Редакционная коллегия:



Главный редактор – **Сафин Руслан Рушанович**, д.т.н., профессор. ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»



Зам. главного редактора – **Разумов Евгений Юрьевич**, д.т.н., доцент. ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»

Сафин Руслан Гареевич, д.т.н., профессор. ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Баширов Владимир Николаевич, д.т.н., профессор. ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Гаспарян Гарик Давидович, д.т.н., профессор. ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»

Григорьев Игорь Владиславович, д.т.н., профессор. ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова»

Мазуркин Петр Матвеевич, д.т.н., профессор. ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»

Романов Евгений Михайлович, д.с.-х.н., профессор. ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»

Рыкунин Станислав Николаевич, д.т.н., профессор. ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»

Семенов Юрий Павлович, д.т.н., профессор. ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

Торопов Александр Степанович, д.т.н., профессор. ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»

Царев Евгений Михайлович, д.т.н., профессор. ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»

Черных Михаил Михайлович, д.т.н., профессор, академик (действительный член) Академии технической эстетики и дизайна. Декан факультета «Реклама и дизайн» ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет им. Калашникова»



Štefan Barčík, Prof. ing., Ph.D. – Заместитель главного редактора, ответственный за международную ред. коллегию. Vice-dean for Science, Research and Ph.D study Department of Machinery Control and Automation Faculty of Environmental and Manufacturing Technology Technical University in Zvolen, Slovak Republic

Etele Csanady, Prof., Dr. University of West Hungary

Nencho Deliiski, Prof., DSc. University of Forestry, Bulgaria

Ladislav Dzurenda, Dr. prof. Technical University, Slovakia

Vlado Goglia, Sc.D., Dr.h.c., prof. Department of Process Techniques Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia

Ruzica Beljo Lucic, Prof. Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia

Alfred Teischinger, Prof., Dr. University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Austria

Директор журнала
Хасанин Руслан Ромелевич
тел.: 8-927-404-31-85
e-mail: journal_woodworking@mail.ru

Директор по рекламе
Жданов Сергей Николаевич
моб. тел.: 8-987-717-89-98
e-mail: 458424@mail.ru

«Деревообрабатывающая промышленность», 2016

Свидетельство о регистрации
СМИ в Роскомпечати № 014990

Сдано в набор 24.10.2016.
Подписано в печать 27.10.2016.

Формат бумаги 60x88/8
Усл. печ. л. 8
Тираж 720 экз. Заказ № 0222
Цена свободная
Адрес редакции:
117303, Москва, ул. Малая
Юшуньская, д. 1, корп. 1,
Тел.: 8 904 763 52 89

www.dop1952.ru
e-mail:
journal_woodworking@mail.ru

Подписка:
journal_woodworking@mail.ru

Отпечатано в
ООО «Вертола»

СОДЕРЖАНИЕ

ОБРАЗОВАНИЕ

<i>Уральский государственный лесотехнический университет</i>	3
--	---

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Физико-механические процессы в деревообработке

<i>Хасанишин Р.Р., Акушко И.А.</i> Гибкие материалы из древесины	6
<i>Сафин Р.Р., Хасанишин Р.Р., Мухтарова А.Р.</i> Вакуумно-конвективная сушка измельченного растительного сырья	11
<i>Замилова А.Ф., Галиханов М.Ф., Зиятдинов Р.Р.</i> Влияние постоянного электрического поля на прочность фанерных материалов	17
<i>Галяветдинов Н.Р., Айдашева Р.Р.</i> Использование древесины в производстве керамических изделий	21
<i>Назипова Ф.В., Гараева А.Ф.</i> Ультразвуковая обработка растительного сырья в щелочной среде в производстве композиционных материалов на минеральном вяжущем	27
<i>Ладислав Дзуренда</i> Влияние влажности топливной древесины на термический КПД котла	33
<i>Галяветдинов Н.Р., Павленко О.В.</i> Очистка сточных вод отходами деревоперерабатывающей промышленности	39

Химическая технология древесины

<i>Сафина А.В., Арсланова Г.Р., Тимербаев Н.Ф., Зиятдинов Д.Ф.</i> Экстрагирование флавоноидов из коры и листьев ивы	46
<i>Хакимзянов И.Ф., Козулина Т.С.</i> Электричество из дерева: повышение энергетической эффективности при мелкомасштабной пирогазификации	49
<i>Ахунова Л.В., Корнилова М.В., Гараева А.Ф.</i> Изготовление высокопрочных биологически разлагаемых композиционных пленок на основе поливинилового спирта, золы и глутарового альдегида	53
Итоги 16-й Международной выставки «ЛЕСДРЕВМАШ-2016»	60

Образование

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УГЛТУ (*Уральский государственный лесотехнический университет*) – является одним из ведущих высших учебных заведений в системе лесотехнического образования России. Университет славится высоким качеством подготовки специалистов. УГЛТУ осуществляет подготовку бакалавров, магистров и специалистов по широкому спектру технических, экономических и гуманитарных направлений для предприятий, организаций и учреждений лесного сектора экономики, охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов и автомобильно-дорожного комплекса. УГЛТУ находится в Екатеринбурге – промышленном, научном и культурном центре Уральского федерального округа.



Подготовка лесоинженеров на Урале ведется более 75 лет. С 1925 года специалистов этого профиля готовил лесопромышленный факультет Уральского политехнического института, а в 1930 году, с образованием Уральского лесотехнического института, лесопромышленный факультет вошел в его состав. В 1936 году он был переименован в факультет механизации лесоразработок и транспорта леса (МЛит). Довоенные выпускники факультета направлялись на лесопромышленные предприятия всей страны: от Белоруссии до Дальнего Востока.

В последний период для восстановления разрушенного войной народного хозяйства потребовалось увеличить объемы лесозаготовок, особенно на Урале и в Предуралье. Вновь создаваемые лесозаготовительные предприятия остро нуждались в квалифицированных инженерных кадрах, в связи с чем резко возрос прием студентов на МЛит. В конце 40х годов из структуры МЛит выделился самостоятельный факультет механической технологии древесины (МТД). В 1947 году МЛит был переименован в лесоинженерный факультет и на нем, наряду с подготовкой инженеров технологов, было организовано обучение инженеров механиков, впоследствии в 1955 году был создан лесомеханический факультет. В 1952 году с целью увеличения выпуска специалистов лесотехнологов была организована их подготовка с сокращенным трехгодичным сроком обучения для лиц, имеющих среднее специальное образование и стаж работы в лесной промышленности. В изменном виде трехгодичное отделение сохранилось на ЛИФе до сих пор.

В 1966 году из состава лесоинженерного факультета был выделен инженерно-экономический факультет (теперь ФЭУ). Потребность промышленности в специалистах в области автоматизации технологических процессов позволила открыть на факультете в 1962 году подготовку инженеров автоматчиков, а в 1995 году на основе специализации «Сухопутный транспорт леса» была открыта новая специальность «Автомобильные дороги и аэродромы».

Для подготовки кадров с высшим образованием по автомобильным дорогам была создана мощная база с соответствующим оборудованием, специализированными лабораториями, гаражом дорожно-строительных машин и компьютерным классом. Организован автомобильно-дорожный институт. Это позволяет готовить на высоком уровне специалистов, как для федеральных дорог, так и для строительства дорог в городских условиях.

В настоящее время на ЛИФе ведется подготовка инженеров по трем специальностям:

250401 – лесоинженерное дело с углубленной подготовкой по трем специализациям:

- технология лесопромышленного производства;
- информационное обеспечение лесопромышленного производства;
- менеджмент и предпринимательская деятельность на лесопромышленном производстве;



220301 – автоматизация технологических процессов лесопромышленного комплекса;

270205 – автомобильные дороги и аэродромы со специализациями:

– автомобильные дороги;

– городские улицы и дороги.

Кроме того, на факультете имеется трехгодичное отделение для лиц, имеющих среднее специальное образование, на котором ведется обучение по специализации «Менеджмент и предпринимательская деятельность для лесного комплекса» и специальности «Автомобильные дороги и аэродромы».

Выпускники факультета высоко ценятся на рынке труда. Многие из них становятся впоследствии руководителями предприятий и организаций лесопромышленного и автодорожного комплексов.



Направление 35.03.02 «Технология лесозаготовительного и деревоперерабатывающего производства» по профилю «Лесоинженерное дело», «Технология деревообработки»

Срок обучения – 4 года.

Присваиваемая квалификация – бакалавр техники и технологии.

Выпускающая кафедра «Технологии и оборудования лесопромышленного производства» –профиль «Лесоинженерное дело».

Выпускающая кафедра «Механической обработки древесины» профиль «Технология деревообработки»

Ведущие научные направления: оценка лесных ресурсов лесозаготовительных предприятий, обоснование технологических показателей лесоперерабатывающего оборудования, проектирование лесосечных работ.

Готовит специалистов в области заготовки и первичной переработки древесины.

В рамках обучения по этому направлению осуществляется подготовка выпускников имеющих среднее профессиональное образование профильных техникумов и специальностей со сроком обучения 3 года по очной и заочной форме обучения.

Направление 08.03.01 «Строительство»

Срок обучения - 4 года, для выпускников средне профессиональных учебных заведений 3 года.

Присваиваемая квалификация – бакалавр техники и технологии

Выпускающая кафедра «Транспорта и дорожного строительства».

Ведущие научные направления: строительство автомобильных дорог на слабых основаниях, с использованием местных материалов; пути улучшения проходимости транспортно-технологических машин; экологические исследования по предотвращению загрязнений токсичными выбросами территорий прилегающих к АЗС и АБЗ; борьба с гололедом на автомобильных дорогах; использование отходов промышленности Уральского региона в дорожном строительстве.

Готовит специалистов в области изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта автомобильных дорог.

Направление 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Срок обучения - 4 года.

Присваиваемая квалификация – бакалавр техники и технологии.

Выпускающая кафедра «Автоматизации производственных процессов».

Ведущие научные направления в области управления процессов сушки древесины и учета лесоматериалов.

Готовит специалистов для работы с системами автоматического управления производств и промышленного оборудования.

Направление 27.03.02 «Управление качеством»

Срок обучения – 4 года

Квалификация - бакалавр

Выпускающая кафедра «Управление качеством»

Научные направления: резервы и механизмы повышения качества товаров и услуг; комплексная программа профессиональной подготовки и переподготовки кадров всех уровней для предприятий различных отраслей.

Выпускники данного направления смогут найти применение своим знаниям во всех отраслях на предприятиях различных форм собственности при решении задач: управления качеством продукции; проектирования систем управления качеством продукции; разработки методов и средств контроля и повышения безопасности и экологичности технологических процессов; метрологического обеспечения производства и эксплуатации технических изделий и систем; сертификации систем менеджмента качества.

Направление 38.03.03 «Управление персоналом»

Срок обучения – 4 года

Квалификация - бакалавр

Выпускающая кафедра «Управление качеством»

Научные направления: Выпускники данного направления смогут найти применение своим знаниям во всех отраслях на предприятиях различных форм собственности при решении задач: управления персоналом (HR). В зависимости от опыта и знаний, специалисты по HR работают менеджерами, главными (ведущими) специалистами и руководителями по персоналу в средних и крупных компаниях. Кроме зарплаты, все чаще компании предлагают HR-менеджерам и социальные пакеты, в которые могут входить: обеды; медицинское страхование; абонемент в спортзал (фитнес-центр); оплата курсов по изучению иностранного (китайского, английского и др.) языка; доставка на предприятие служебным транспортом; оплата ГСМ для личного транспорта; служебная мобильная связь; и др. В целом, тенденция такова, что спрос на высококвалифицированных HR- специалистов будет только расти вместе с их зарплатами.

Физико-механические процессы в деревообработке

УДК 674.04

ГИБКИЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Р.Р. Хасаншин, И.А. Акушко

В данной статье рассматриваются методики по созданию гибких материалов из древесины. К ним относятся «деревянная кожа» – «WoodSkin», гибкое дерево «Dukta» и гибкая фанера «Сейба». Так же приводится сравнительный анализ физических свойств гибкой фанеры «Сайба» с применением бамбукового коврика в центре фанеры и без него.

Ключевые слова: гибкая фанера, бамбук, изогнутый шпон.

This article discusses techniques for creating flexible materials made of wood. These include wooden skin «WoodSkin», flexible wood «Dukta», flexible plywood «Ceiba». Conducted comparative analysis of the physical properties of flexible plywood «Siba» with the use of a bamboo Mat in the center of the plywood and without it.

Keywords: Flexi ply, Plywood, Bamboo, Veneer, Curved.

Введение

WoodSkin это инновационный архитектурный материал, в котором жесткость, характерная для традиционных строительных материалов и гибкость текстиля присутствуют одновременно. Это позволяет формировать эффектные фасады, создавать уникальные стеновые панели и эффектные функциональные конструкции.

По структуре материал состоит из треугольных фанерных модулей, соединенных клеевым способом из прочного высокотехнологичного текстиля (рис.1). Такие сэндвич-панели выпускаются в стандартных вариантах: 2500 см x 1250 см, 3050 см x 1525 см или производятся на заказ под конкретный архитектурный проект, в котором использованы негабаритные решения. Размеры базового треугольного фрагмента, так же, как и его конфигурация варьируются в зависимости от желания заказчика, а технически допустимая толщина фанерной накладки колеблется от 4 до 30 мм. В качестве внешнего декоративного компонента могут быть использованы: фанера из финской березы, влагоустойчивая фанера Окуме, МДФ, огнеупорный МДФ, стружечная плита ОСП, а также металл, керамика, мрамор и пластиковые панели HPL [1].

Все компоненты склеиваются между собой и спрессовываются для увеличения прочности. Затем наружные фанерные слои полученной сэндвич-панели подрезаются на станке с ЧПУ на небольшие треугольники, при этом текстильная сетка между ними не дает им распасться [2].

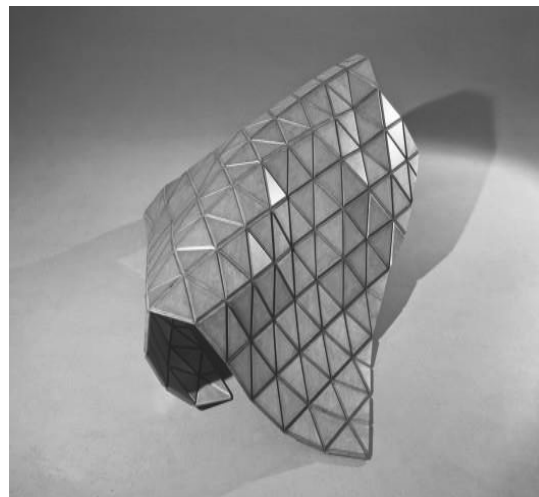


Рис. 1. Деревянная кожа WoodSkin

Самым главным достоинством нового материала является адаптация под требования проекта заказчика (рис.2). Он может указать размер треугольников, геометрию и плотность в пределах сэндвич-листа, а также выбрать желаемую толщину древесины (от 4 мм до 30 мм). WoodSkin выпускается как в листах, так и в рулонах. Материал может быть соединен между собой для создания больших по площади и непрерывных поверхностей. При формировании архитектурной структуры стабильность материала достигается посредством изгибов и складок, в некоторых случаях для дополнительной прочности и устойчивости могут быть использованы поддерживающие стойки. В качестве финишной отделки готовой конструкции могут быть использованы различные отделочные и гидроизоляционные материалы. В последнее время начата разработка технологии для выпуска

WoodSkin с поверхностью из других, отличных от фанеры, материалов, не модернизируя технологические линии производства.

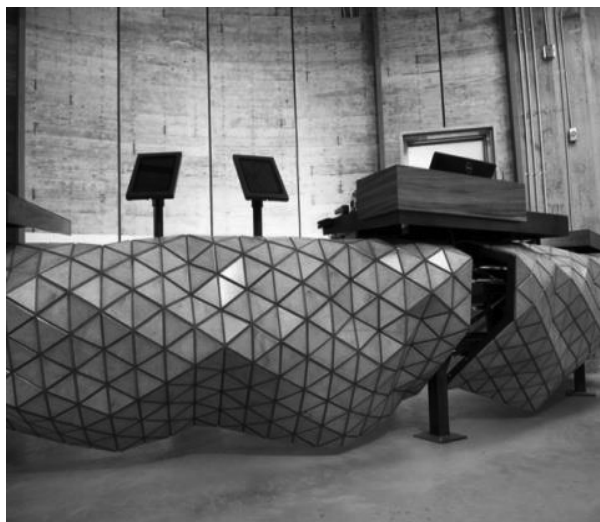


Рис. 2. Использование в интерьере

Гибкое дерево «Dukta»

Dukta — это название новой технологии создания гибких материалов из древесины благодаря нанесению специальных надрезов. Благодаря этим надрезам материал приобретает близкие к текстильным свойства, а его характеристики и область применения существенно расширяются (рис.3).

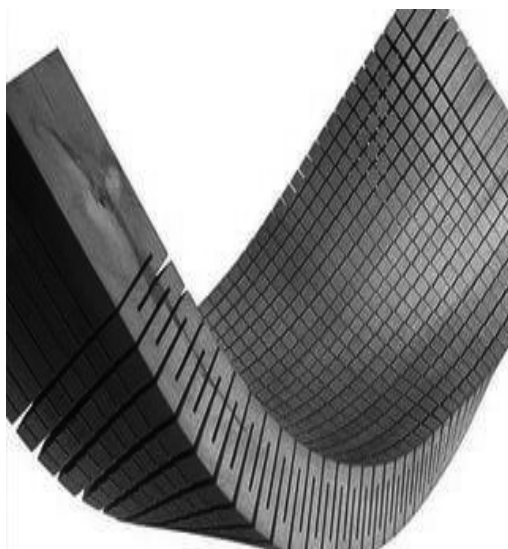


Рис. 3. Гибкое дерево «Dukta»

Для изготовления полуфабрикатов Dukta используют обычную древесину или же распространенные в торговле древесные материалы такие как фанера, MDF, OSB и многослойные плиты. На одной или на двух сторонах материала делаются надрезы. Точная

сетка разрезов, расположенных с противоположных сторон, позволяет легко сгибать лист Dukta, обеспечивая большую гибкость в продольном и поперечном направлениях [3-6].

Прочность листов снижается пропорционально глубине разрезов, однако получаемый материал оказывается высокофункциональным, гибким и податливым.

Гибкие древесные плиты можно обрабатывать так же, как и обычную древесину: их можно раскраивать, фрезеровать и шлифовать, а также подвергать различной обработке их поверхность. Кроме того, их в соответствии с потребностями, можно с помощью обычных соединительных средств закреплять на различных строительных элементах, таких как лаги и стропила, а применив к ним специальные меры, зафиксировать в определенной форме.

Гибкая фанера

Также известная как флекси слой, Wasky древесина и Wiggle дерево, как правило, сделана из шпона импортной древесины лиственных пород. Одним из возможных материалов для производства гибкой фанеры является древесина дерева Сейба (рис. 4), оно растет в африканских тропических лесах, а также на Ближнем Востоке. Древесина у него легкая, мягкая, но при этом очень прочная, природный оттенок — светлый, кремовый, поверхность с ровной и мелкой текстурой. Эта порода дерева отлично поддается процедуре окрашивания, склеивания, полирования и т. п.



Рис. 4. Структура фанеры Сейба

В отличие от обычной гибкая фанера изготавливается из нескольких слоев шпона, волокна которых расположены в одном направлении. С помощью клея отдельные слои

шпона соединяют между собой, после этого происходит прессование листов при высокой температуре [7-9].

При создании гибкой фанеры фенолформальдегидную смолу вводят пластификатор.

Гибкая фанера может быть разных видов. Ее различают по числу слоев, толщине (от 4 до 16 мм), размерам (длине и ширине), плотности, упругости, типу отделки (шпонированная и ламинированная).

К тому же поверхность фанеры бывает необработанной, тонированной, лакированной или обработанной воском. Важный показатель ее гибкости – радиус изгиба, может достигать 5 см.

Достоинства гибкой фанеры:

1. прочность на изгиб – даже в изогнутом состоянии материал не теряет своих прочностных характеристик, к примеру, лист толщиной 1,5 мм можно изогнуть без повреждения на 180°,

2. однородная и качественная поверхность древесины,

3. небольшой вес, благодаря этому свойству из данного материала можно изготавливать большие изделия, например, фасады радиусного типа для мебели,

4. превосходные декоративные характеристики,

5. прекрасно поддается как машинной, так и ручной обработке, что открывает широкие возможности для выполнения дизайна [10-13].

Среди недостатков материала, пожалуй, можно отметить один: особенные требования при транспортировке и хранении. Гибкая фанера должна перевозиться исключительно на твердой и очень ровной поверхности, а сами листы ни в коем случае нельзя оставлять надолго в сжатом состоянии

Самое распространенное назначение гибкой фанеры – это декоративная отделка. Из фанеры изготавливают различные колонны, арки, изделия с криволинейными поверхностями, кухонные шкафчики, внешние зеркала, ширмы, перегородки, части мебели, звукоизоляционные решетки. Часто применяют для создания оригинальных мебельных фасадов, для производства бескаркасной мебели и изогнутых дверей, а также делают сувениры, игрушки, визитки, музыкальные инструменты, клюшки для хоккея на льду (рис. 5).

Ученые S.S. Zoolagud и T.S. Rangaraju исследовали возможность использования бамбука в производстве гибкой фанеры. Они использовали тростник с длинными междоузлиями: *Ochlandra*

tranvancorica и *Melocanna bambosoides* (рис.6). При этом толщина щепок составляла 0,6 мм±15% [5].

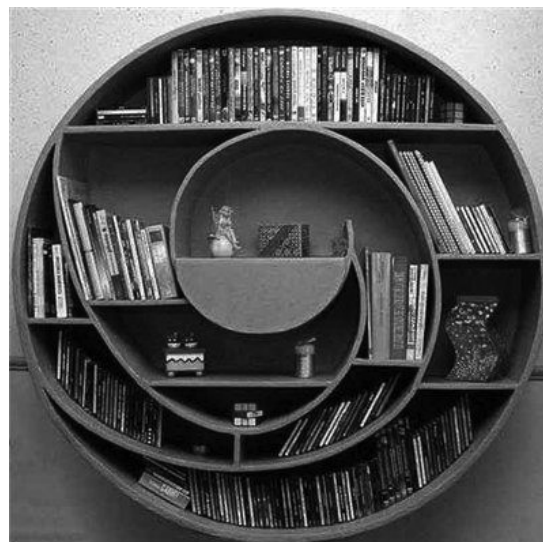


Рис. 5. Книжная полка из гибкой фанеры



Рис. 6. *Melocanna bambosoides*

Из бамбука создавались коврики размером 200x100 мм, которые погружались в смолу и выдерживались в течение 5 мин, после чего извлекались и оставались в наклонном положении приблизительно 30 мин, чтобы удалились излишки смолы [14-17].

Далее шпон укладывался в верхней и нижней части пакета, в то время как коврики из бамбука покрытые смолой формировали центральный слой. При этом волокна шпона располагались под прямым углом к длине панели. После этого собранные пакеты загружались в горячий пресс. Подробности прессования указаны в Таблице 1.

Таблица 1 – Прессование деталей

Показатель	Величина
Давление	100 кг/см ²
Температура	140±5°C
Время прессования	1,5-2 мин, +3 мин для созревания

После склеивания фанера подвергалась кондиционированию и обрезке по размерам на круглопильных станках. Обрезанные образцы оценивались на визуальные дефекты [18-21].

Установлено, что подобная конструкция гибкого материала сделана таким способом, что исключает необходимость в структурных скелетах или специальных опорах. Можно легко получить уникальный дизайн модели, округлые структуры и сложные многофигурные формы, которые практически невозможно создать с помощью традиционных материалов.

Для проведения сравнения физических свойств, были взяты два набора образцов, первый с применением в центре фанеры коврика из бамбука, второй, из обычного шпона. Результаты проведенного сравнения указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования

№	Свойства	Направление волокон	Образцы с ковриком из шпона		Образцы с бамбуковым ковриком	
1	Толщина, мм	—	8	8	5	8
2	Плотность, кг/м		610	590	580	620
3	Влажность, %		6,02	5,82	6,39	6,24
4	Циклические испытания	Пройдены	Пройдены	Пройдены	Пройдены	Пройдены
5	Напряжения, действующие по нормали, Н/мм ²	Вдоль	39,46	41,82	70,26	60,7
		Поперек	4,123	4,518	9,16	7,4
6	Напряжения, действующие в плоскости сечения, Н/мм ²	Вдоль	37,60	43,8	82,04	65,5
		Поперек	41,13	81,92	221,66	110,1
7	Испытания на изгиб	—	Пройдены	Пройдены	Пройдены	Пройдены
8	Минимальный радиус, мм	Вдоль	1277,6	1236,6	1033,0	1748,5
		Поперек	232,1		205,9	229,2
9	Прочность	Вдоль		13,732	23,574	34,5
		Поперек	15,61	15,01	10,25	11,56

Из проведенных исследований видно, что при использовании бамбукового коврика в качестве основного материала в центре фанеры, наблюдаются более высокие прочностные свойства, за исключением предела прочности при растяжении в поперечном направлении. Поскольку толщина шпона, используемого в гибкой фанере небольшая – 0,6 мм, сила приложенная в поперечном направлении действует в разных направлениях, что увеличивает прочность фанеры. А при использовании бамбукового коврика с толщиной 1,2 мм, у которого направление волокон отличается от остальных слоев шпона, наблюдается уменьшение прочности.

Заключение

В данной статье был проведен обзор методов создания гибких материалов из древесины. Исходя, из чего была установлена возможность придать древесине гибкие свойства, при этом не ухудшая в значительной мере ее прочностные свойства.

Литература

1. Инновационный материал Wood-Skin: [Электронный ресурс]. М., 2015 URL: <http://www.abitant.com/posts/innovatsionnyy-material-wood-skin> (Дата обращения: 10.12.2016).
2. Meyer, J. A. 1984. Wood-polymer materials, pp.257- i289.Cited by J.F.C. Walker.Primary Wood Processing. Chapman and Hall, London. 595p.
3. Dukta – технология создания гибких материалов: [Электронный ресурс]. М., 2013 URL:<http://derevo.ua/articles/details/dukta> (Дата обращения: 10.12.2016).
4. Справочник по производству фанеры. М.: Лесная промышленность, 1984
5. S.S. Zoolagud and T.S. Rangaraju (1991):An improved and economical process for manufacture of Bamboo Mat Board in : proceedings : IV International bamboo Workshop, Changmai, Thailand, pp.1-4.
6. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Разумов Е.Ю., Сафин Р.Г., Данилова Р.В., Кайнов П.А., Оладышкина Н.А., Белякова Е.А. // Способ термической обработки древесины / патент на изобретение RUS 2453425 18.01.2011
7. ГОСТ 20907-75. Смолы фенолоформальдегидные жидкие. – М.: Издательство стандартов, 1986.-28 с.
8. Сафин Р.Р., Валеев И.А., Сафин Р.Г. // Математическое моделирование пиролиза древесины при регулировании давления среды // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2005 - № 2. С. 168-173.
9. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Гильмиев Р.Р., Валиев Ф.Г. Снижение расхода энергии на проведение процессов сушки посредством вакуумно-конвективной технологии // Деревообрабатывающая промышленность - 2008. № 5. - С. 22-23.
10. Разумов Е.Ю., Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Аминов Л.И. Экспериментальное исследование физического эффекта обработки древесных отходов ВЧ-плазмой Деревообрабатывающая промышленность. - 2009. - № 1. - С. 24-25.
11. Сафин Р.Р., Хакимзянов И.Ф., Кайнов П.А., Николаев А.Н., Сафина А.В. Обзор современных технологических решений повышения энергоэффективности в процессах сушки пиломатериалов // Вестник Казанского технологического университета. // 2014. Т. 17. № 21. // С. 50-52.
12. Сафин Р.Р., Белякова Е.А. Усовершенствование технологии термомодифицирования древесины BICOS-TMT // Вестник Казанского технологического университета. 2012. - Т. 15. - № 13. - С. 134-136.
13. Разумов Е.Ю., Белякова Е.А., Сафин Р.Р. Математическая модель процесса термомодифицирования древесины труднопропитываемых пород в жидкости // Вестник Казанского технологического университета. - 2011. - № 16. - С. 233-239.
14. Сафин Р.Р., Разумов Е.Ю., Воронин А.Е., Зиатдинов А.Р., Сабиров А.Т. Установка для переработки отходов древесных производств Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2009. - № 5. - С. 82-87.
15. Сафин Р.Р., Сафин Р.Г., Разумов Е.Ю., Тимербаев Н.Ф., Зиатдинова Д.Ф., Валиев Ф.Г., Оладышкина Н.А., Кайнов П.А., Хасаншин Р.Р., Воронин А.Е. // Установка для сушки древесины // патент на изобретение RUS 2425306 23.11.2009
16. Сафин Р.Р., Сафин Р.Г., Разумов Е.Ю., Тимербаев Н.Ф., Зиатдинова Д.Ф., Хайрутдинов С.З., Кайнов П.А., Хасаншин Р.Р., Воронин А.Е., Шайхутдинова А.Р. // Способ термообработки древесины // патент на изобретение RUS 2422266 14.12.2009.
17. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Разумов Е.Ю. // Промышленная установка по термомодифицированию пиломатериалов в

- среде топочных газов // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - Т. 16. - № 19. - С. 122-124.
18. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Разумов Е.Ю., Сафин Р.Г., Белякова Е.А., Галяветдинов Н.Р., Кайнов П.А., Оладышкина Н.А. // Способ морения древесины и устройство для его реализации // патент на изобретение RUS 2453426 30.12.2010
19. Тимербаев Н.Ф., Зиатдинова Д.Ф., Сафин Р.Р., Садртдинов А.Р., Сафин Р.Г., Кузьмин И.А., Разумов Е.Ю., Миндубаев Р.Р. // Установка для термической переработки твердых отходов // патент на изобретение RUS 2400671 09.04.2009
20. Разумов Е.Ю., Сафин Р.Р., Белякова Е.А. Математическая модель процессов, протекающих при морении древесины труднопропитываемых пород // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2012. - Т. 1. - № 2 (64). - С. 80-86.
21. Сафин Р.Р., Воронин А.Е., Сафин Р.Г., Разумов Е.Ю., Воронин Е.К., Кайнов П.А., Зиатдинова Д.Ф., Тимербаев Н.Ф. // Способ комплексной переработки древесной зелени // патент на изобретение RUS 2404238 09.04.2009

©Хасаншин Р.Р. – к.т.н., доцент кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», olambus@rambler.ru; Акушко И.А. – магистрант кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

УДК 674.04

ВАКУУМНО-КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА ИЗМЕЛЬЧЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Мухтарова А.Р.

Для производства древесно-наполненных композиционных материалов в основном, применяются различные отходы деревообрабатывающих и сельскохозяйственных производств. Одним из основных и энергозатратных операций подготовки наполнителей является сушка, доля энергетических затрат на которую в структуре себестоимости продукции достигает значительных величин. Поэтому внедрение энергосберегающих технологий является одним из важных направлений повышения эффективности производства. В статье представлены результаты исследований технологии вакуумно-конвективной сушки измельченной древесины, которые позволили получить оптимальные режимные параметры предложенного процесса.

Ключевые слова: древесно-наполненные композиционные материалы, сушка, целлюлозосодержащие волокнистые материалы

For the production of wood-filled composites mainly applied various waste wood and agricultural industries. One of the main energy-intensive and fillers training operations is drying, the share of energy costs in the structure of production cost reaches significant values. Therefore, the introduction of energy saving technologies is one of the important ways of increasing the efficiency of production. The article presents the results of research technology vacuum-convective drying of crushed wood that provided the optimal operating parameters of the proposed process.

Keywords: wood-filled composites, drying, cellulose fiber materials

Введение

В настоящее время одним из основных способов получения материалов с заданными свойствами является создание композиций на основе известных широко используемых в практике веществ (минеральных вяжущих, полимеров) и различных наполнителей природного и синтетического происхождения

(песок, отходы деревообработки и сельскохозяйственного производства).

Для производства древесно-наполненных композиционных материалов – арболита, цементно-стружечных плит, древесно-полимерных композитов, древесно-стружечных плит в основном, применяются различные отходы деревообрабатывающих (низкосортная древесина, тонкомер, щепа, станочная стружка)

[1-3] и сельскохозяйственных производств (стебли хлопчатника, рисовой соломы, костра льна) [4].

При этом древесное и растительное сырье, перерабатываемое в щепу и стружку, как правило, имеет высокую влажность (60-100%). В то же время влажность волокнистого наполнителя перед изготовлением композиционного материала должна быть в пределах 2-6% [5]. Более того, в последнее время на предприятиях по выпуску древесно-стружечных плит древесный наполнитель высушивают до 1-3% независимо от ее назначения [6-7].

С целью интенсификации процесса на предприятиях сушку обычно проводят при высоких температурах (температура сушильного агента в начальный период может достигать до 250°C [8]), что повышает не только пожароопасность, но и взрывоопасность производства.

В этой связи исследование процессов высушивания измельченного древесного и растительного сырья в условиях пониженного давления является актуальным, так как применение вакуумных технологий позволяет значительно интенсифицировать процесс при температурах не более 100°C [9].

Однако при реализации вакуумных способов возникают существенные трудности подвода тепла. Известные способы подвода тепла в вакууме, такие как СВЧ-энергия и контактные методы, являются дорогостоящими и не позволяют достичь равномерной влажности всего высушиваемого материала [10-12]. Поэтому наиболее перспективными в области вакуумной сушки древесины являются способы при конвективном теплоподводе. В связи с этим можно выделить метод конвективной сушки материалов при стационарном пониженном давлении. Основное технологическое отличие данного способа состоит в том, что сушка происходит при постоянном подводе тепла конвекцией в разреженной среде. Вследствие чего возможно использование более низких температурных режимов, что приводит к существенному снижению энергетических затрат на сушку.

Методы и материалы

В связи с этим были проведены исследования по конвективной сушке измельченного древесного сырья при стационарном пониженном давлении.

Для проведения экспериментальных исследований была создана шахтная сушильная установка с вертикальной циркуляцией теплоносителя. На рис. 1 представлена функциональная схема установки.

Комплекс для сушки измельченных материалов состоит из системы подачи влажного сырья 1, камеры сушки 2, системы откачки воздуха 3, системы циркуляции сушильного агента 4 и линии выгрузки высушенного сырья 5.

Система подачи влажного сырья 1 состоит из загрузочного бункера 6, питателя 7, вакуумных затворов 8 и 9 и передающего герметичного бункера 10.

Камера сушки 2 содержит набор перфорированных наклонных полок 11 с увеличивающимся сверху вниз диаметром отверстий, но постоянной суммой площадей отверстий на разных наклонных полках для обеспечения равномерности расхода сушильного агента. Полки закреплены на внутреннем каркасе камеры сушки с возможностью создания вибронагревающего слоя и приводятся в движение при помощи вибропривода 12. Для фиксации остаточного давления в камере сушки 2 предусмотрен манометр 13.

Система откачки воздуха 3 состоит из конденсатора 14, вентиля 15 и 16, вакуумного насоса 17. Система циркуляции сушильного агента 4 состоит из трубопровода, куда вмонтированы вентилятор 18 и калорифер 19. Линия выгрузки высушенного сырья состоит из вакуумных затворов 20 и 21, и промежуточного герметичного бункера 22.

Комплекс для сушки влажных волокнистых измельченных материалов работает следующим образом. Влажное сырье через загрузочный бункер 6 при открытом вакуумном затворе 8 поступает в передающий герметичный бункер 10, при этом количество поступившего сырья регулируется при помощи питателя 7.

После подачи определенной порции высушиваемого сырья в передающий герметичный бункер 10, вакуумный затвор 8 закрывается. При этом закрыты вакуумные затворы 9, 20 и 21, и вентили 15 и 16. Одновременно начинается прогрев камеры сушки 2 включением вентилятора 18 и калорифера 19, при котором создается циркуляция сушильного агента через перфорированные наклонные полки 11.

Далее открывается вакуумный затвор 9. Происходит подача влажного сырья на

перфорированную верхнюю полку. При этом начинается стадия понижения давления в камере сушки 2, рабочее остаточное значение которого определяется согласно плану эксперимента. Процесс вакуумирования производится открытием вентиля 16, подачей хладагента в конденсатор 14 и включением вакуум-насоса 17.

В камере сушки 2 движение сушильного агента и влажного сырья осуществляется в попутном направлении сверху вниз, причем происходит постоянная сепарация измельченного материала, определяющая время тепловой обработки частицы сырья в зависимости от её размеров. Перфорированные наклонные полки расположены таким образом, что мелкая фракция, просеиваясь через их

отверстия, проходит более короткий путь, и, тем самым, сокращается продолжительность тепловой обработки более мелкой фракции. Более крупная фракция перемещается на нижележащую полку через специальный проем или путем просеивания через отверстия полок и проходят более длинный путь. Таким образом, достигается равномерная сушка крупных и мелких фракций.

Далее высушенный материал из камеры сушки 2 через открытый вакуумный затвор 20 попадает в промежуточный герметичный бункер 22. Одновременно происходит разгерметизация камеры сушки с помощью вентиля 23.

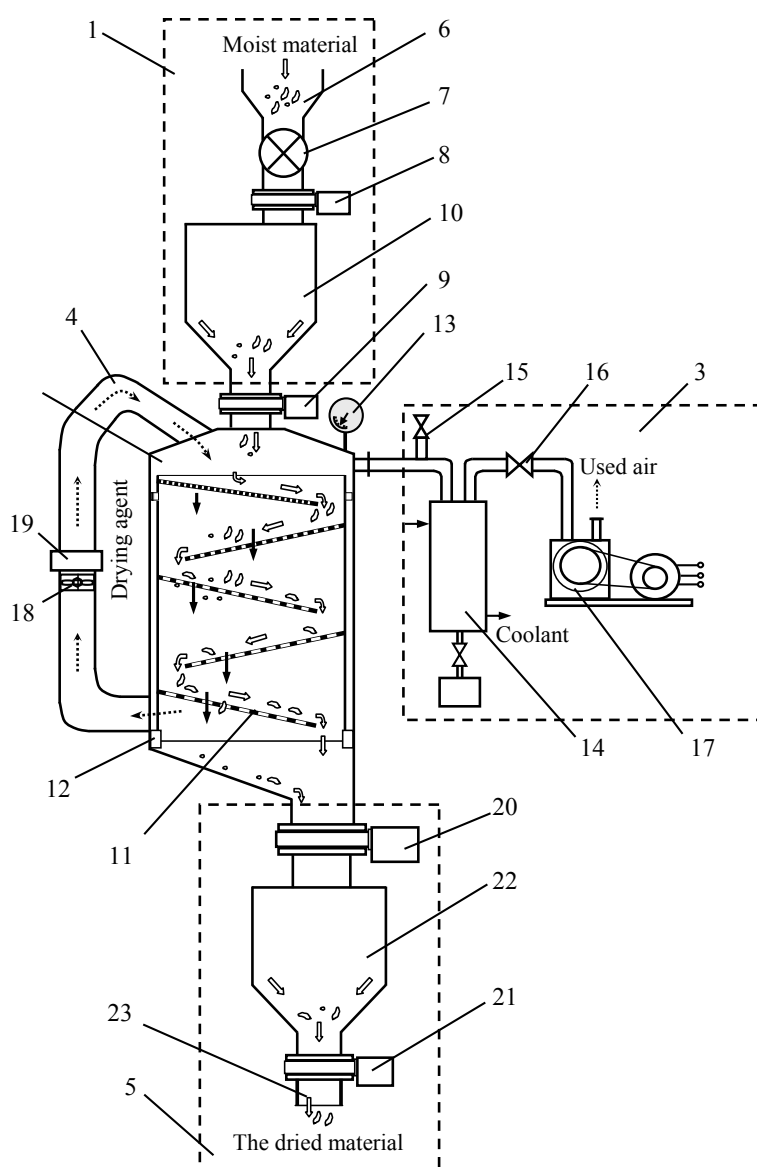


Рис. 1. Схема установки для сушки влажных измельченных материалов

После заполнения промежуточного бункера 22 закрывается затвор 20 и открывается вакуумный затвор 21, и происходит выгрузка высушенного материала.

В работе в качестве измельченной древесины были использованы отходы после переработки древесины хвойных и лиственных пород (осина, береза, сосна) на деревообрабатывающих станках столярного цеха. Максимальными размерам измельченной древесины до 30 мм.

Результаты

С целью интенсификации процесса и снижения риска самовоспламенения обрабатываемого влажного материала процесс сушки проводится при пониженном давлении.

На рис. 2. представлена зависимость температуры сушильного агента от остаточного давления в камере сушки.

Для удобства управления процессом сушки измельченного сырья была получена функциональная зависимость позволяющая регулировать давление в аппарате программными средствами

$$P=0,0325 \cdot T^2-3,0121 \cdot T+80,694$$

При моделировании процессов конвективной сушки влажного измельченного сырья в разреженной среде были проведены исследования, в которых варьировалось значение остаточного давления среды на стадии сушки в интервале 30-100 кПа (рис. 3).

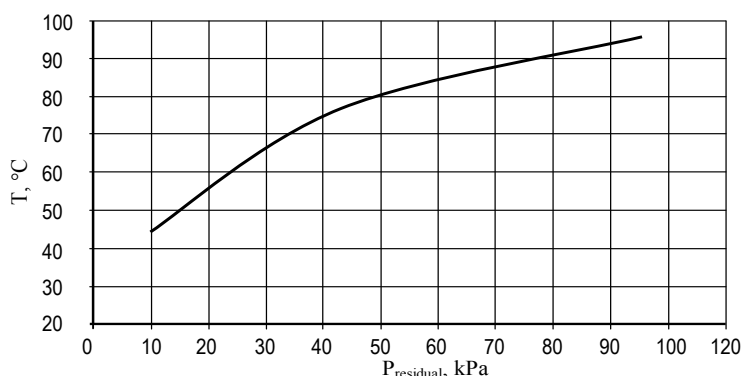


Рис. 2. Зависимость температуры сушильного агента от остаточного давления в камере

Как видно из характера кривых сушки (см. рис. 3) снижение давления среды значительно интенсифицирует удаление влаги из материала, что особенно заметно при испарении свободной влаги. В тоже время глубокое разрежение среды (35 кПа) не позволяет максимально сократить

продолжительность процесса, что объясняется значительным уменьшением коэффициента теплоотдачи между теплоносителем и влажным сырьем.

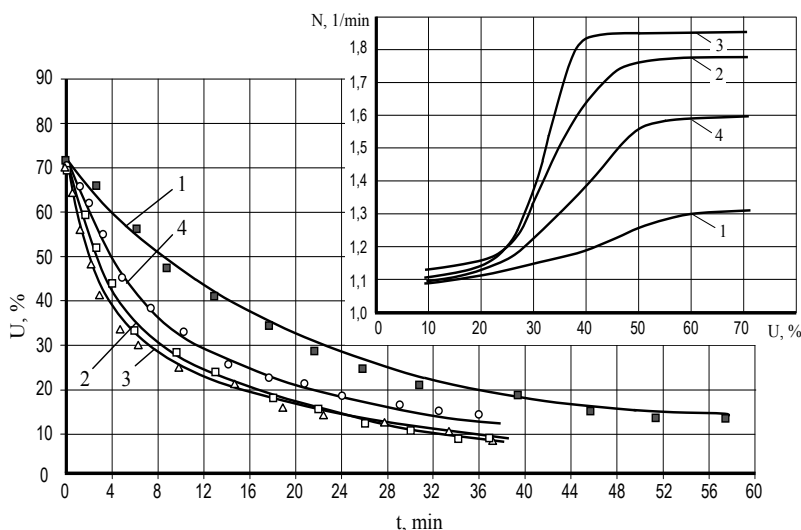


Рис. 3. Кривые сушки и скорости сушки измельченной древесины при различных остаточных давлениях среды в камере: 1– $P_{ост}=100$ кПа; 2– $P_{ост}=75$ кПа; 3– $P_{ост}=50$ кПа; 4– $P_{ост}=35$ кПа

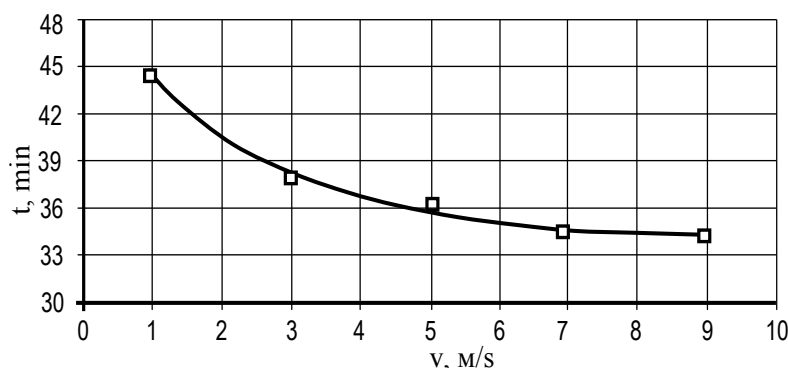


Рис. 4. Зависимость времени сушки от скорости движения теплоносителя

На рис. 4 иллюстрируются зависимости времени сушки материалов от скорости движения теплоносителя.

Из представленных кривых видно, что чем выше скорость циркуляции среды, тем меньше продолжительность процесса сушки, что может объясняться увеличением значения коэффициентов теплоотдачи и массоотдачи.

Для определения рационального остаточного давления при удалении свободной влаги в результате математического моделирования были получены зависимости,

представленные на рис. 5. Графическая форма зависимостей, полученная для случаев сушки измельченной древесины с начальной влажностью 50 и 70 % при температуре и скорости циркуляции сушильного агента соответственно 86 °С и 7 м/с до конечной влажности 10 %, свидетельствует о том, что снижение остаточного давления в аппарате до значений 50-60 кПа вызывает наибольшую интенсификацию процесса.

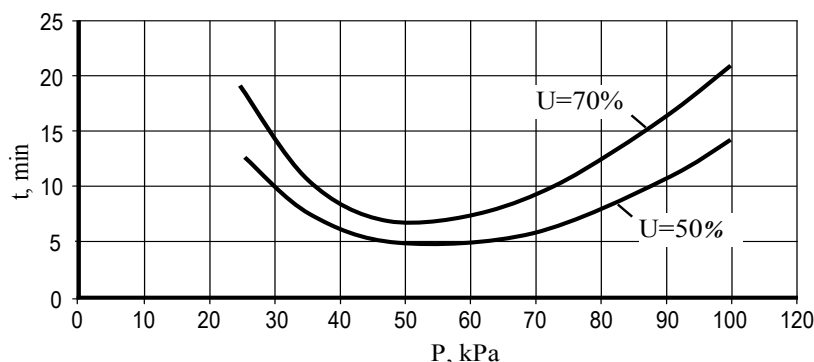


Рис. 5. Зависимость продолжительности конвективной сушки материала от остаточного давления в камере

Дальнейшее понижение давления к такому результату не приводит, поскольку наблюдается значительное уменьшение коэффициента теплоотдачи, повышение давления среды также снижает скорость удаления влаги за счет уменьшения коэффициента массоотдачи.

Заключение

В данной работе проведены исследования по вакуумной сушке целлюлозосодержащих волокнистых материалов, используемых при производстве композиционных материалов. Разработана пилотная установка, позволяющая интенсифицировать и снизить пожароопасность процесса сушки измельченной древесины.

На основе проведенных исследований было

выявлено, что снижение рабочего давления в сушильной камере, значительно интенсифицирует удаление воды из целлюлозосодержащего материала, что особенно заметно при испарении свободной влаги.

В результате моделирования удаления свободной влаги из древесины, было получено, что снижение остаточного давления в аппарате до значений 50-60 кПа вызывает наибольшую интенсификацию процесса. При этом наиболее рациональными являются температурные режимы в интервале 84-87 °С при скорости движения теплоносителя 7-8 м/с. Дальнейшее понижение давления к такому результату не приводит, поскольку наблюдается значительное

уменьшение коэффициента теплоотдачи. Снижение энергетических затрат на проведение сушки обеспечивается за счет сокращения продолжительности процесса без применения высокотемпературных режимов и возможностью использования вторичных ресурсов тепловой энергии.

Представленная работа выполнялась при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (МД-5596.2016.8).

Литература

1. Safin, R.R., Voronin, A.E., Shaikhutdinova, A.S., Nazipova, F.V., Kaynov, P.A. Method of rational use of waste of timber industries Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. Albena. Bulgaria. 2015. P. 53-58.
2. Safin, R.R., Shayakhmetova, A.H., Nazipova, F.V., Timerbaeva, A.L., Safina, A.V. Alternative types of solid biofuels and their comparative characteristics. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. Albena. Bulgaria. 2015. P. 53-58.
3. Safin, R.G., Lashkov, V.A., Golubev, L.G., Safin, R.R. Mathematical model of vacuum-oscillating drying of lumber, Journal of Engineering Physics and Thermophysics (Inzhenerno-Fizicheskii Zhurnal), 2002. Vol. 75, N 2, pp. 384-389.
4. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Н.Р. Галяветдинов, Ф.Г. Валиев // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология, 12, 104-106, (2008).
5. Р.Р. Сафин, И.А. Валеев, Р.Г. Сафин // Вестн. Москов. гос. ун-в. леса 2, 168-173, (2005).
6. Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова // Вестн. Казан. технол. ун-в, 12, 241-245, (2011).
7. Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин, Н.А. Оладышкина, Е.Ю. Разумов, Р.Р. Хасаншин, П.А. Кайнов, И.А. Кузьмин, М.А. Мазохин, А.Р. Шайхутдинова, Т.Н. Ахтямова, А.Е. Воронин // патент на изобретение RUS 2425305 04.03.2010.
8. Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова, Р.А. Халитов, Е.И. Байгильдеева // Вестн. Казан. технол. ун-в., 3, 131-133, (2012).
9. The influence of the internal structure and dispersity to structural-mechanical properties of oil systems Syunyaev R.Z., Safieva R.Z., Safin R.R. Journal of Petroleum Science and Engineering. 2000. T. 26. № 1-4. С. 31-39.
10. Р.Р. Сафин, Н.Ф. Кашапов, А.В. Канарский, Е.Ю. Разумов, Д.А. Ахметова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 3-4, 104-110, (2009).
11. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, П.А. Кайнов // Вестн. Казан. технол. ун-в., 23, 76-78, (2013).
12. Ю.Н. Зиятдинова, Ф.Г. Валиев, Р.Р. Хасаншин, А.Н. Николаев // Вестн. Казан. технол. ун-в., 22, 31-35, (2011).
13. Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Сафин, Ф.Г. Валиев, Р.В. Данилова // Вестн. Казан. технол. ун-в., 7, 64-66 (2012).
14. Р.Р. Сафин, Н.Р. Галяветдинов, Р.Г. Сафин, Р.Р. Хасаншин, И.А. Валеев, Е.Ю. Разумов, П.А. Кайнов, Л.И. Аминов // Патент на изобретение RUS 24 64162 14.02.2011.
15. Р.Р. Хасаншин, Ф.Г. Валиев // Деревообрабатывающая промышленность, 4, 27-30 (2012).
16. Н.Р. Галяветдинов, В.А. Лашков, А.Н. Николаев // Вестн. Казан. технол. ун-в, 20, 112-115 (2011)
17. Н.Р. Галяветдинов // Деревообрабатывающая промышленность, 1, 025-027 (2012).
18. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов, Е.А. Белякова // Дизайн. Материалы. Технология, 3, 95-98 (2010).
19. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Гильмиев, Ф.Г. Валиев // Деревообрабатывающая промышленность, 5, 22-23, (2008).
20. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Н.Р. Галяветдинов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики 11-12, 159-163, (2008).
21. Е.Ю. Разумов, Ф.Г. Валиев, Р.Р. Хасаншин // Вестн. Казан. технол. ун-в., 9, 463-468, (2010).

©**Р.Р. Сафин** – д.т.н., профессор, заведующий кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», sfaby@mail.ru; **Р.Р. Хасаншин** – к.т.н., доцент кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», olambis@rambler.ru; **А.Р. Мухтарова** – бакалавр кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

УДК 674.028.9

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПРОЧНОСТЬ ФАНЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.Ф. Замилова, М.Ф. Галиханов, Р.Р. Зиятдинов

В статье приводятся данные по исследованию воздействия постоянного электрического поля на адгезионные свойства березовой фанеры. Поляризация в процессе приготовления фанеры и предварительная поляризация клея позволяют повысить прочность фанерного материала.

Ключевые слова: березовая фанера, поляризация, электрет, карбамидоформальдегидная смола, прочность, постоянное электрическое поле.

The article presents data on the study of the impact of the constant electric field on the adhesion properties of the birch plywood. The polarization in the preparation of the plywood and polarization only glue using the constant electric field can to allow to increase the strength of the plywood material.

Keywords: birch plywood, polarisation, electret, urea-formaldehyde resin, strength, dc field.

Введение

В настоящее время изделия из клееной слоистой древесины занимают значительное место среди готовой продукции деревоперерабатывающих предприятий [1-2]. Основным показателем качества клееных изделий и, в частности, фанерных материалов является их механическая прочность, определяемая в том числе, силой адгезионного сцепления шпона и клея [3]. Для повышения прочности фанерных материалов модифицируют существующие технологии склеивания древесины, совершенствуют состав уже существующих смол, разрабатывают новые клеи с различными добавками [4]. Однако используемые в настоящее время методы и средства повышения качества фанерных материалов становятся все менее популярными, т.к. во многих случаях прочность не соответствует ужесточенным требованиям, предъявляемым к ним.

В связи с вышеизложенным, на первый план выходят методы повышения адгезионной прочности клееной древесины с использованием интенсивных технологий, к примеру, путем воздействия электрическими, магнитными полями, ультразвуком и др. [5-18].

Ранее проведенными исследованиями нами было установлено, что поляризация фанерных материалов улучшает гигроскопические свойства фанеры [9].

Целью настоящей работы являлось исследование влияния процесса поляризации фанерных материалов (в процессе отверждения клеевой прослойки) и влияние поляризации только клея в постоянном электрическом поле на адгезионные и гигроскопические свойства фанеры.

Экспериментальная часть

Объектами исследования в данной работе являются: шпоны березы, ореха и эвкалипта (ГОСТ 99-96 «Шпон лущеный. Технические условия»), смола карбамидоформальдегидная марки КФ-Ж (ГОСТ 14231-88 «Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия»), отвердитель для карбамидоформальдегидных смол – хлористый аммоний (ГОСТ 2210-73 «Аммоний хлористый технический. Технические условия»).

Образцы изготавливались по трем технологиям. Первая технология (ПФ – поляризация фанеры) заключалась в следующем. Фанерные образцы с жидким (неотвержденным) клеевым слоем устанавливались в электретирующие ячейки, которые в свою очередь еще являлись и прессами, создающими давление до 0,5 МПа (рис.1). Данные ячейки помещались в термощаф, нагретый до температуры 120°C. Поляризация фанерных образцов с одновременным отверждением клея осуществлялась в постоянном электрическом поле с напряжением 10 кВ в течение 20 минут.

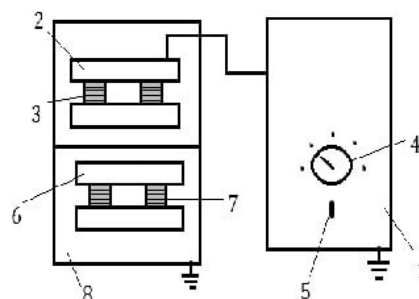


Рис. 1. Схема отверждающей и поляризующей установки: 1 – генератор высокого напряжения, 2 – отверждающая и поляризующая ячейка, 3 – поляризуемые образцы, 4 – регулятор подаваемого генератором напряжения, 5 – тумблер вкл./выкл. генератора, 6 – отверждающая ячейка, 7 – контрольные образцы, 8 – термощаф

По второй технологии (ПК – поляризация клея) поляризации подвергался только клей до его использования для приготовления фанерных образцов. Для этого стеклянная емкость с клеем (чашки Петри) помещалась между электретизирующими ячейками на 10 минут при напряжении 10 кВ при комнатной температуре. Затем при необходимости добавлялся отвердитель и осуществлялась склейка фанерных образцов без приложения постоянного поля (рис. 1).

По третьей технологии (БП – без поляризации) приготовление образцов шло при тех же температурных и временных режимах, но поляризация клея или фанеры не проводилась (рис. 1).

Предел прочности при скалывании по клеевому слою определяли по ГОСТ 9624-2009 «Древесина слоистая клееная. Метод определения предела прочности при скалывании». Для проведения испытаний на скалывание изготавливались фанерные образцы, состоящие из пяти слоев шпона и четырех слоев клея. Шпон нарезался на заготовки с геометрическими размерами 95×40 мм (рис.2). Каждый лист шпона соединялся с соседними при соблюдении перпендикулярного направления волокон.

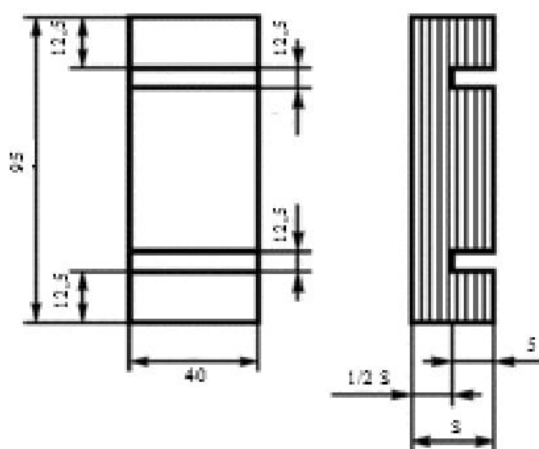


Рис. 2. Фанерный образец, выполненный по ГОСТ 9624 для испытания на скалывание

Испытания проводились на разрывной машине Т 42, соответствующей ГОСТ 28840–90.

Предел прочности при скалывании $\tau_{ск}$ для каждого образца определялся с точностью до 0,5 МПа по формуле:

$$\tau_{ск} = \frac{P_{max}}{b \cdot l}$$

где P_{max} – максимальное значение разрушающей нагрузки, Н; b – ширина образца (плоскости

скалывания), мм; l – длина плоскости скалывания, мм.

Водопоглощение фанерных образцов проводили по ГОСТ 16483.20-72 «Древесина. Метод определения водопоглощения». В этом случае образцы помещали в воду частично. Влагопоглощение фанерных образцов проводили по ГОСТ 16483.19-72 «Древесина. Метод определения влагопоглощения». При данном методе испытаний образцы располагаются над водой. Также при испытаниях на водо- и влагопоглощение оценивали внешний вид фанерных образцов.

Результаты и их обсуждение

Основным прочностным показателем фанерных материалов, показывающих прочность именно адгезионного сцепления «шпон-клей» является предел прочности при скалывании по клеевому слою. Полученные в процессе исследований результаты приведены в таблице 1.

Таблица – 1 Прочность фанерных образцов

Шпон	Предел прочности при скалывании $\tau_{ск}$, МПа		
	ПФ	ПК	БП
береза	3,3	3	1,4
орех	1,6	0,9	1,1
эвкалипт	2,0	1,4	0,9

При сравнении фанерных образцов (табл.1) видно, что предварительная поляризация в постоянном электрическом поле клея может повышать прочность фанерных материалов на ~55-110%. Повышение прочности фанерных материалов за счет воздействия постоянного электрического поля можно объяснить структурными изменениями в полимерной матрице клеев, происходящими под ее энергетическим воздействием. Поляризация приводит к интенсивному упорядочиванию в расположении макромолекул полимера, сближению их между собой [10], формированию новых молекулярных связей в виде сшивок макромолекул [11].

При поляризации образцов в процессе их приготовления еще больше упрочняет получаемые фанерные материалы – их предел прочности при скалывании на ~45-135 % выше, чем у контрольных. Скорее всего, это происходит из-за того, что в данном случае происходит комплексное воздействие постоянного

электрического поля и на полимерный компонент фанеры – клей, и на древесину шпона. Подобное явление наблюдали в работе [10] при использовании обработки фанеры в магнитном поле.

Из данных по сорбции воды при водо- и влагопоглощении следует, что в первые сутки хранения фанеры в воде масса образцов нарастает (фанера набухает), а затем стабилизируется на определенном значении. Набухание древесины и ее компонентов в воде вполне ожидаемо и является ограниченным процессом. Через определенное время достигается точка насыщения волокна – предельное значение набухания, характеризующее величину набухания. Судя по полученным данным (табл. 2), разница в величине набухания поляризованных и контрольных фанерных образцов при водо- и влагопоглощении незначительна, но выше ошибки эксперимента.

Наблюдаемая разница объясняется тем, что в процессе поляризации фанерных образцов идет образование электрета – диэлектрика, обладающего электрическим полем [19]. Это поле электрета создает энергетический барьер для проникновения воды в объем материала [20-22].

Таблица 2 – Водо- и влагопоглощение фанерных образцов

Шпон	Водопоглощение 25-е сутки, %		Влагопоглощение 25-е сутки, %	
	ПФ	БП	ПФ	БП
береза	117	120	18	20
орех	61,4	70,7	12,97	16
эвкалипт	62,7	69,2	13	16

Но при использовании фанеры в условиях повышенной влажности важна не только величина водо- и влагопоглощения, а еще и сохранение ее целостности. Фанера подвержена короблению и расслаиванию, причем наиболее уязвимым местом является как раз область клеевого соединения.

Оказалось, что образцы, поляризуемые в постоянном электрическом поле, лучше сохранили свою целостность, чем контрольные образцы. Неполаризованные фанерные образцы начали расслаиваться уже на третий день испытаний, затем происходило полное разделение слоев, проявлялись деформация шпона, изменение формы – образцы подвергались разрушению. Поляризуемые же фанерные

образцы практически полностью сохранили свой первоначальный вид, мало подверглись деформации.

Заключение

Таким образом, поляризация фанерных материалов с помощью постоянного электрического поля может позволить значительно повысить их адгезионные свойства (повысить прочность сцепления соединения «клей-шпон») и влаго- и водостойкость.

Литература

1. Вольнский В. Н. Технология клееных материалов. – М.: Профи, 2009. – 392 с.
2. Васечкин Ю. В. Технология и оборудование для производства фанеры. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 310 с.
3. Фрейдин А. С. Прогнозирование свойств клеевых соединений древесины. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 224 с.
4. Шамаев В. А., Разиньков Е. М., Ищенко Т. Л. Исследование склеивания фанеры с применением нанокристаллической целлюлозы // Лесотехнический журнал. – 2014. – № 1. – С. 151 – 155.
5. Попов В. М., Иванов В. М. Интенсивная технология получения клееной древесины повышенной прочности // Лесной вестник. – 2007. – № 4. – С. 89 – 90.
6. Попов В. М., Новиков А. П. К созданию клеевых соединений повышенной прочности // Современные инновации в науке и технике. – 2014. – Том 3. – С. 332 – 334.
7. Попов В.М., Шендриков М.А., Иванов А.В., Жабин М.А. Влияние магнитного и электрического полей на прочность клееной древесины // Вестник МГУЛ «Лесной Вестник». – 2009. – № 4. – С. 122-126.
8. Мозговой Н.В. Прочность клеевых соединений древесины на основе электрообработанных клеев. // Научный журнал КубГАУ. 2012. – № 75 (01). – С. 1-10.
9. Замитова А. Ф., Салдаева О. С., Галиханов М. Ф. Влияние поляризации фанеры в процессе приготовления на ее водо- и влагопоглощение // Вестник технологического университета. – 2015. – Т.18, № 13. – С. 57-60.
10. Попов В. М., Новиков А. П., Иванов А. В. Влияние магнитной обработки полимерных клеев на прочность клеевых соединений на их основе // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2012. – Т.18, № 3. – С. 414-421.

- материалов и конструкций. – 2012. – Т.18, № 3. – С. 414-421.
11. Попов В. М., Латынин А. В. Метод создания клееной древесины повышенной прочности // Лесотехнический журнал. – 2015. – № 4. – С. 145 – 151.
 12. Safin, R.R., Voronin, A.E., Shaikhutdinova, A.S., Nazipova, F.V., Kaynov, P.A. Method of rational use of waste of timber industries Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. Albena. Bulgaria. 2015. P. 53-58.
 13. Safin, R.R., Shayakhmetova, A.H., Nazipova, F.V., Timerbaeva, A.L., Safina, A.V. Alternative types of solid biofuels and their comparative characteristics. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. Albena. Bulgaria. 2015. P. 53-58.
 14. Ю.Н. Зиятдинова, Ф.Г. Валиев, Р.Р. Хасаншин, А.Н. Николаев // Вестн. Казан. технол. унив., 22, 31-35, (2011).
 15. Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Сафин, Ф.Г. Валиев, Р.В. Данилова // Вестн. Казан. технол. унив., 7, 64-66 (2012).
 16. Р.Р. Сафин, Н.Р. Галяветдинов, Р.Г. Сафин, Р.Р. Хасаншин, И.А. Валеев, Е.Ю. Разумов, П.А. Кайнов, Л.И. Аминов // Патент на изобретение RUS 2464 162 14.02.2011.
 17. Р.Р. Хасаншин, Ф.Г. Валиев // Деревообрабатывающая промышленность, 4, 27-30 (2012).
 18. Н.Р. Галяветдинов, В.А. Лашков, А.Н. Николаев // Вестн. Казан. технол. унив, 20, 112-115 (2011)
 19. Kestelman V.N., Pinchuk L.S., Goldade V.A. Electrets in Engineering: Fundamentals and Applications. – Boston–Dordrecht–London: Kluwer Acad. Publ., 2000. – 281 p.
 20. Вертячих И.М., Гольдаде В.А., Неверов А.С., Пинчук Л.С. Влияние электрического поля полимерного электрета на сорбцию паров органического растворителя. // Высокомолек. соед. Сер. Б. – 1982. – Т. 24, № 9. – С. 683-687.
 21. Перепелкина А.А., Галиханов М.Ф., Мусина Л.Р. Модификация бумаги в целях повышения ее эксплуатационных свойств // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2013. - № 6 (336). – С. 129-134.
 22. Perepelkina A.A., Galikhanov M.F., Musina L.R. Effect of unipolar corona discharges on properties of pulp-and-paper materials // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2015. – V. 51, No 2. – P. 138-142.

©Замилова А.Ф. – аспирант кафедры «Технология переработки полимеров и композиционных материалов», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Alinka-attractive@mail.ru; Галиханов М.Ф. – д.т.н., профессор кафедры «Технология переработки полимеров и композиционных материалов», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» mgalikhanov@yandex.ru; Зиятдинов Р.Р. – к.т.н. доцент кафедры «Архитектуры и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

УДК 694.04

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Н.Р. Галяветдинов, Р.Р. Айдашева

Внедрение малоотходных и безотходных технологических процессов способствует оздоровлению окружающей среды. К наименее утилизируемым выбросам относятся древесные опилки. Они являются ценным сырьем для строительной индустрии, в частности, при изготовлении глиняного кирпича. Важной частью технологического процесса при изготовлении глиняного кирпича является тепловая обработка в значительной степени определяющая строительно-прочностные свойства готовых изделий. В работе рассматривается производство глиняного кирпича с добавлением древесных наполнителей. Установлено, что при увеличении размеров заготовки время, необходимое для наступления периода начала действия химических реакций на поверхности, увеличивается.

Ключевые слова: глиняный кирпич, обжиг кирпича, тепловая обработка.

The introduction of low-waste and non-waste production processes contributes to a healthier environment. The least recyclable emissions include sawdust. They are valuable raw materials for the building industry, particularly in the manufacture of clay bricks. An important part of the process in the manufacture of clay bricks is a heat treatment to a large extent determines the construction and mechanical the time required for the attack period starts action of chemical reactions on the surface properties of finished products. The paper deals with the production of clay bricks with the addition of wood fillers. It is found that increasing the size of the workpiece increases.

Keywords: clay brick, brick kilns, heat treatment.

Введение

Строительная керамика – большая группа керамических изделий, применяющихся при строительстве жилых и промышленных зданий и сооружений. Изделия строительной керамики отличаются своей долговечностью, высокими художественными характеристиками, кислотостойкостью и полным отсутствием токсичности. В настоящее время предусматривается преимущественное развитие производства изделий, обеспечивающих снижение металлоемкости, стоимости и трудоемкости строительства, веса зданий, сооружений и повышение их теплозащиты, развитие мощности по производству строительных материалов с использованием золы и шлаков тепловых электростанций, металлургических и фосфорных шлаков, отходов горнодобывающих отраслей промышленности и углеобогачительных фабрик, техническое перевооружение производства кирпича на базе новейшей техники [1-2].

Цель данного исследования заключается в том, что при изготовлении кирпича с использованием древесных опилок снизить объемную массу кирпича и соответственно улучшить его теплозащитные свойства. Использование кирпича повышенной пористости дает возможность уменьшать толщину наружных стен. При этом сокращается

трудоемкость кладки, снижаются транспортные расходы, вес стен и их стоимость [3-4].

Экспериментальная часть

Предварительная подготовка сырья

Для изготовления кирпича потребуется глина средней жирности.

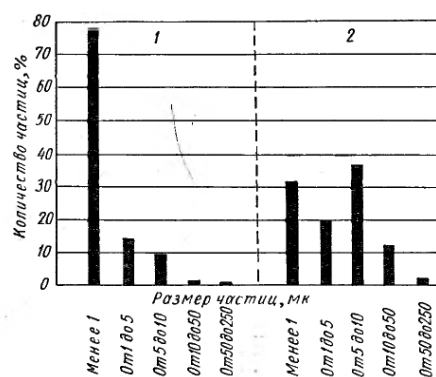


Рис. 1. Диаграммы распределения частиц по размеру(мк) в глинистых материалах: 1 – часовъярская глина ; 2 – просяновский коалин

Из рис.1. видно, что одна из часов яровских глин содержит почти 79% частиц размером 1мк; это говорит о том, что подобная глина дает большую усадку при сушке (до 10,5%),но она дает и повышенную прочность, что можно объяснить значительной общей площадью частиц. Такая глина обладает и высокой пластичностью [5-6].

Жирность глины проверяли следующим образом: килограмм сырья размачивали водой и доводили до такой консистенции, чтобы она перестала липнуть к рукам. Изготавливали небольшой шарик. Высушивали шарик в камере сушки при температуре 40°C в течении 24 часов. Если на поверхности фигурок появлялись трещины разных размеров, считали, что сырье нужно обезжировать. Если шарик не потрескался, то проверяли ударную вязкость сбрасывая с высоты 100см. Если шарик оставался цел, то жирность глины считалась оптимальной. Если нет, значит, процент жирности слишком был мал.

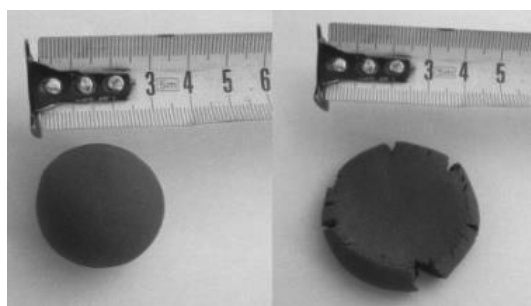


Рис. 2. Тест глины на пластичность

Далее осуществляли смешение глины с добавками. Размеры добавок были не более 2-5 мм. Нельзя допускать попадания в раствор для кирпича грунта, мелких камней, карбоната и других посторонних предметов. Песок смеси составлял более 4-5%, а добавки в виде опилок и торфа – не более 19-21%. Далее заливали смесь с водой до тех пор, пока она не наберет необходимого количества воды. После этого смесь накрывали пленкой или куском ткани, смоченным водой [7-9].

Формование

Формы (одинарные или двойные) для изготовления кирпичей делают в виде ящиков без дна, которые сколачивают из досок толщиной 20-25 мм. На рис. 3 показана форма для двух кирпичей среднего размера. Учитывая усушку глины в процессе сушки размеры форм несколько больше размеров кирпичей [10-12].

Размеры формы составляли:

- 1.Высота: стандарт – 70 мм, форма – 80 мм.
- 2.Ширина: стандарт – 130 мм, форма – 140 мм.
- 3.Длина: стандарт – 270 мм, форма – 290 мм.

Формование кирпича осуществляли установить форму деревянное основание, присыпанное небольшим слоем песка. Далее

внутри закладывали глину, постепенно утрамбовывая.

Сушку заготовок осуществляли при температуре 60°C в сушильной камере в течении 2 суток.

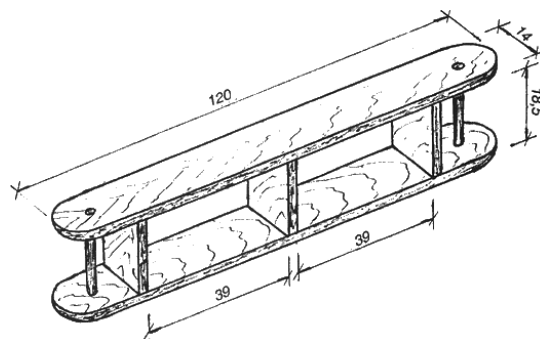


Рис. 3. Форма для изготовления двух кирпичей среднего размера

Для обжига кирпичей используется муфельная печь, изображенная на рис.4.

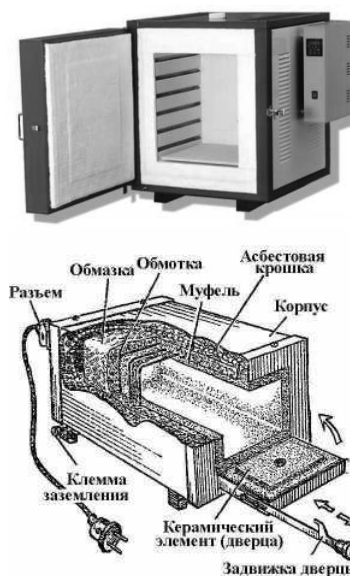


Рис. 4. Муфельная печь

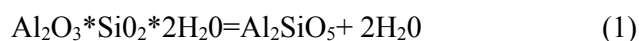
Режим обжига представляет собой комплекс взаимосвязанных факторов: скорости подъема температуры, конечной температуры обжига, длительности выдержки при конечной температуре, характера газовой среды и скорости охлаждения. В процессе нагрева при различных температурах в материале керамических изделий происходит ряд сложных физико-химических явлений, вызывающих изменение его свойств [13-15].

В интервале температур до 150°C происходит досушка – удаление физически связанной воды. Давление водяных паров внутри нагреваемого кирпича достигает значительных

величин уже при температуре 70°C и возрастает с повышением температуры.

Удаление химически связанной воды (дегидратация) происходит в зоне обжига в интервале температур 150-800°C. В начале зоны обжига при нагревании сырца до 300-400°C удаляется химически связанная вода из гипса, водных оксидов железа и других соединений [16-18].

При нагреве до 500-600°C начинается разрушение каолинита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). В этот же период выгорают древесные наполнители и другие органические примеси. В результате разложения каолинита и удаления из сырца химически связанной воды происходит полная потеря пластичности.



При нагреве до 600-700°C из углекислого кальция CaCO_3 и магния MgCO_3 , если они содержатся в глине, удаляется углекислый газ (CO_2). Реакция происходит спокойно, при этом объем изделия не уменьшается и несколько увеличивается пористость кирпича, которая способствует беспрепятственному удалению воды и летучей части органических веществ. Этот период нагрева, включая период дегидратации и модификационных изменений кварца, является практически безопасным и его можно производить с высокой скоростью (100-200 °C/ч).



При нагревании свыше 700°C начинается уплотнение черепка изделия, его спекание и изменение цвета. Процесс спекания состоит в том, что некоторые минералы, находящиеся в глине, под действием высокой температуры вступают в химические взаимодействия друг с другом, образуя легкоплавкие соединения. К таким минералам в первую очередь относится кремнезем (SiO_2), вступающий в химические соединения с щелочами (K_2O , Na_2O , CaO , MgO) и оксидами железа (FeO , Fe_2O_3).

При этом образуется стекловидное вещество, которое частично заполняет пустоты (поры) в кирпиче и цементирует частицы других минералов. Следовательно, механическая прочность кирпича зависит от количества размягченной стекловидной массы, получающейся при обжиге. В зависимости от химического состава сырья температура обжига кирпича колеблется между 950 и 1100°C. Подъем температуры следует прекращать на этапе,

обеспечивающем появление минимально необходимого количества жидкой фазы для образования спаек и связей между частицами глинообразующих минералов.

Этот период нагрева, связанный с разрушением кристаллической решетки глинистых минералов и значительными структурными изменениями кирпича, опасен в отношении трещинообразования [19-22].

После взвара следует выдержка обожженного кирпича при высокой температуре для выравнивания температуры по всей толще кирпича в течение 4-8 часов, обеспечивающая равномерное распределение жидкой фазы, более полное созревание черепка и протекание реакций.

Охлаждение

Охлаждение образцов осуществляли в той же печи, путем ее отключения и постепенным естественным охлаждением в течении примерно суток. В процессе охлаждения кирпич проходит следующие этапы.

При 800-750°C керамический кирпич находится в тугопластичном состоянии и переходит в твердое состояние и в начальный период при падении температуры на 100-200°C керамические материалы претерпевают термическое сжатие и деформируются пластически, подвергаясь незначительным нагрузкам, поэтому необходимо замедлять охлаждение во избежание появления напряжений, при быстром охлаждении в кирпиче могут появиться трещины. При этом допускаемая величина температурного перепада по толще кирпича не должна превышать 300°C. Опасным периодом также считаются участок температурной кривой 650-500°C в связи с обратным превращением α - β -кварц. Допустимая скорость охлаждения на этом участке составляет для полнотелого кирпича 250-300°C, для кирпича с пустотами 350-400 °C.

Охлаждение изделий в интервале 650-500°C характеризуется модификационным изменением кварца (573°C) с уменьшением объема на 0,82%. Скорость охлаждения в этом интервале не должна превышать 150°C/час. Дальнейшее охлаждение изделий (от 500°C и ниже) ограничивается лишь условиями внешнего теплообмена.

Окислительное начало обжига рекомендуется с целью сжигания природных органических примесей глины и введенных в массу выгорающих добавок, несгоревшие

остатки которых при окончании спекания изделий могут препятствовать их уплотнению или даже вызвать вспучивание. Поэтому при температуре 800-850°C выдерживают изделие в окислительной среде до полного выгорания коксового остатка. После достижения материалом этой температуры и при дальнейшем его нагреве положительное влияние на качество готовой продукции и активизацию процесса обжига оказывает восстановительная среда. Это объясняется присутствием закиси железа (FeO), которая в отличие от окиси железа (Fe₂O₃) обладает высокой реакционной способностью по отношению к основным компонентам глины. Закисные соединения железа при температуре выше 600°C связываются с другими окислами и способствуют выводу окиси алюминия (глинозема) из кристаллической решетки глинистых минералов. Это приводит к более раннему созреванию материала, повышению прочности и морозостойкости керамических изделий.

Результаты экспериментальных исследований

Расчет динамики роста температуры на поверхности заготовки в процессе нагрева выполнен с помощью критериальных давлений. Результаты расчета представлены на рисунке 5. Анализ данных графика позволяет сделать вывод о том, что на продолжительность стадии прогрева заготовки существенное влияние оказывает коэффициент теплоотдачи. С увеличением значения критерия Био продолжительность стадии прогрева уменьшается, стремясь к нулю.

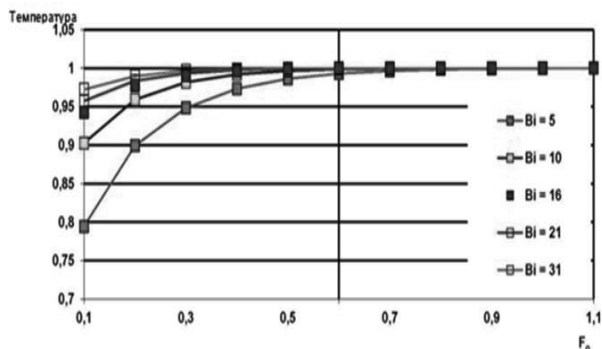


Рис. 5. Зависимость безразмерной температуры от числа Γ_0 на поверхности заготовки в центральной плоскости кирпича путем его раскалывания

В ряде случаев добавка 5-10% опилок повышает морозостойкость кирпича и камней. При значительном количестве опилок в составе

шихты ухудшается внешний вид изделия и снижается прочность. Наибольший эффект от применения опилок в качестве добавки получают, когда вводят их в сочетании с минеральными отощителями, например с шамотом, а также с углем.

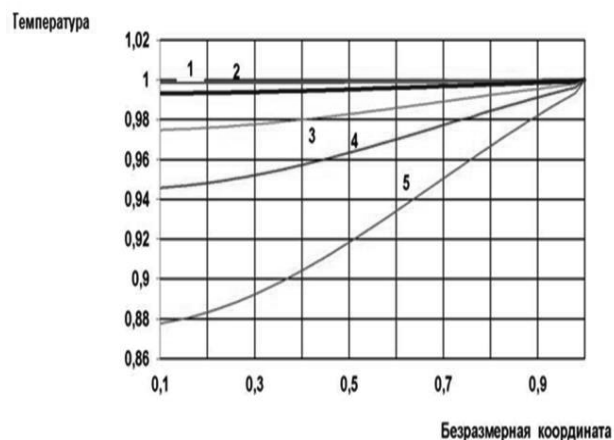


Рис. 6. Температурное поле заготовки в конце стадии прогрева: 1 – $Bi = 5$; 2 – $Bi = 10$; 3 – $Bi = 16$; 4 – $Bi = 21$; 5 – $Bi = 31$

При небольших значениях критерия Био температура по толщине заготовки распределяется достаточно равномерно, значение средней температуры близко к значению температуры поверхности. Разность значений температуры между поверхностью и центром заготовки составляет: при $Bi=5$ –0,1%; при $Bi=31$ –12%. При больших значениях коэффициента теплоотдачи температура в центре заготовки практически не изменяется при достижении поверхностью температуры реакции. Уменьшение температуры от поверхности к центру происходит плавно, без видимых скачков. Средняя температура в конце стадии прогрева уменьшается с увеличением значений критерия Bi , так как с уменьшением продолжительности прогрева уменьшается температура в центре заготовки. Данный расчет верен для заготовок различных размеров.

Заключение

Опилки – это наиболее часто используемая добавка для получения легкого и поризованного кирпича. При добавлении опилок они уменьшают пластичность и повышают теплопроводность кирпича-сырца. Они армируют глиняную массу и повышают ее сопротивление к разрыву, а вместе с тем трещиностойкость во время сушки. Опилки улучшают теплозащитные свойства кирпича, увеличивают морозостойкость.

Литература

1. Математическая модель температурного поля в декоративном силикатном кирпиче в период прогрева заготовки / Белозор М.Ю., Меньшакова Т.Н., Шестакова Е.А., Сеницын Н.Н. // Современные промышленные технологии. Материалы XIX всероссийской научно-технической конференции. Н.Новгород: ННИМЦ «Диалог». 2007. С. 12-13.
2. Клименти Н.Ю., Власова О.С., Николенко М.А. О свойствах пыли в воздухе рабочей зоны на предприятиях по производству силикатного кирпича // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2013. - № 33 (52). - С. 139-142.
3. Дмитриев А. Д. // Тепло и массообмен при твердении кирпича в паровой среде. - М. 1967. - 244 с.
4. Зохарович В.С., Шукуров Э.Д. // Производство кирпича. - Ленинград: Стройиздат, 1988. - 232 с.
5. Белозор М.Ю., Меньшакова Т.Н., Шестакова Е.А. // Математическая модель температурного поля в декоративном силикатном кирпиче в период развитой гидратации Современные прямолинейные технологии // Материалы Всероссийской научнотехнической конференции (Сотри*ег ВазеС Соплегепсез) – Нижний Новгород: Нижегородский научный и информационно-методический центр «Диалог» (ННИМЦ «Диалог»), - 2007. - С.10-11.
6. Кирсанов Ю.А. Теория теплопроводности в циклических тепловых процессах // Известия Российской академии наук. Энергетика. - 2005. - № 6. - С. 39-50.
7. Шестаков Н.И., Сеницын Н.Н., Меньшакова Т.Н. Технология изготовления силикатного кирпича с добавками шлама кислородно-конвертерного производства // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т.6. №2. С. 77-80.
8. Кашкаев И.Я Шейнман Е.Ш. // Производство глиняного кирпича. Изд. 2-е, испр. и доп. М., «Высш. школа», 1974. 288 с, с ил.
9. Сафин Р.Р., Валеев И.А., Сафин Р.Г. Экспериментальное исследование влияния давления при пиролизе древесины // Вестник Казанского технологического университета. 2004. - № 1. - С. 256-260.
10. Сафин Р.Р., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Разумов Е.Ю. // Технология и машины лесовосстановительных работ // Москва, 2015.
11. Сафин Р.Р., Сафин Р.Г., Галяветдинов Н.Р., Хасаншин Р.Р., Разумов Е.Ю., Байгильдеева Е.И., Валиев Ф.Г., Кайнов П.А., Тимербаев Н.Ф., Зиатдинова Д.Ф. // Способ сушки и пропитки древесины // патент на изобретение RUS 2386912 09.04.2009
12. Сафин Р.Р., Галяветдинов Н.Р., Сафин Р.Г., Хасаншин Р.Р., Валеев И.А., Разумов Е.Ю., Кайнов П.А., Аминов Л.И. // Способ изготовления древесно-наполненного композиционного материала // патент на изобретение RUS 2464162 14.02.2011
13. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Кайнов П.А. // Обзор современных решений сотрудников ФГБОУ ВПО «КНИТУ» в области техники и технологии сушки пиломатериалов // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - Т. 16. - № 23. - С. 76-78. 9.
14. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Гильмиев Р.Р., Валиев Ф.Г. Снижение расхода энергии на проведение процессов сушки посредством вакуумно-конвективной технологии // Деревообрабатывающая промышленность - 2008. № 5. - С. 22-23.
15. Разумов Е.Ю., Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Аминов Л.И. Экспериментальное исследование физического эффекта обработки древесных отходов ВЧ-плазмой Деревообрабатывающая промышленность. - 2009. - № 1. - С. 24-25.
16. Сафин Р.Р., Хакимзянов И.Ф., Кайнов П.А., Николаев А.Н., Сафина А.В. Обзор современных технологических решений повышения энергоэффективности в процессах сушки пиломатериалов // Вестник Казанского технологического университета. // 2014. Т. 17. № 21. // С. 50-52.
17. Сафин Р.Р., Белякова Е.А. Усовершенствование технологии термомодифицирования древесины BICOS-TMT // Вестник Казанского технологического университета. 2012. - Т. 15. - № 13. - С. 134-136.
18. Разумов Е.Ю., Белякова Е.А., Сафин Р.Р. Математическая модель процесса термомодифицирования древесины труднопропитываемых пород в жидкости // Вестник Казанского технологического университета. - 2011. - № 16. - С. 233-239.
19. Сафин Р.Р., Разумов Е.Ю., Воронин А.Е., Зиатдинов А.Р., Сабиров А.Т. Установка для переработки отходов древесных производств Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2009. - № 5. - С. 82-87.

20. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Ахметова Д.А. Исследование термомодифицирования древесины сосны в условиях вакуумно-кондуктивных аппаратов // Дизайн и производство мебели. 2008. - № 2. - С. 36-39.
21. Сафин Р.Р., Сафин Р.Г., Зиятдинова Д.Ф., Разумов Е.Ю., Тимербаев Н.Ф., Дерзаева А.В., Мазохин М.А., Кайнов П.А., Зиятдинов А.Р., Воронин А.Е., Ахтямова Т.Н. // Установка для получения экструзионных древесно-стружечных плит // патент на изобретение RU 2422268 04.03.2010
22. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Данилова Р.В. // Математическая модель термической обработки измельченной древесины в аппаратах барабанного типа // Вестник Казанского технологического университета. - 2012. - Т. 15. № 12. - С. 246-248.

©Айдашева Р.Р. – магистрант кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»; Галяветдинов Н.Р. – к.т.н., доцент кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», poir777@mail.ru.

Уважаемые авторы журнала!!!

Все подготовленные к изданию статьи, должны соответствовать всем требованиям к оформлению.

Основной текст формируется в две колонки. Рабочие языки журнала — русский и английский.

Параметры страницы: верх – 3 см; низ – 2,5 см; левое поле – 1,8 см; правое поле – 1,8 см.

Основной размер шрифта статьи – 11, через 1 интервал (ключевые слова, аннотации оформляются кеглем 10, курсив). Абзац – 0,75 см.

Размер рисунков: ширина – не более 17,5 см; высота – не более 12 см. Название рисунков: шрифт «Arial» кеглем 8 полужирный, выравнивание по ширине (Рис. 1. Название рисунка.).

Размер таблицы не должен превышать 17,5×12 см. Название таблиц: шрифт «Arial» кеглем 8 полужирный, выравнивание по ширине (Табл. №. Название таблицы.).

Формулы, представленные в статье, должны по размеру помещаться в одну полосу, т.е. иметь размер не более, чем 5×8 см (шрифт – «Times New Roman»).

При оформлении представляемых к публикации материалов **необходимы следующие документы:**

- УДК;

- экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати;

- сведения об авторах: фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, полное название учреждения, организации, предприятия; e-mail; телефон для связи (на русском и английском языках);

- аннотации и ключевые слова (на английском и русском языках).

УДК 674.04

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА МИНЕРАЛЬНОМ ВЯЖУЩЕМ

Назипова Ф.В., Гараева А.Ф.

Для производства древесно-цементных композитов в настоящее время применяются различные целлюлозосодержащие наполнители растительного происхождения, которые обладают рядом специфических свойств, оказывающих существенное влияние на процессы структурообразования и механические свойства композитов. К негативно влияющим особенностям органического наполнителя относится низкая адгезия древесных частиц по отношению к цементу. При этом, целлюлоза и лигнин, составляющие основную массу древесины, являются достаточно стойкими веществами и вредного влияния на процесс твердения цемента не оказывают. В то время, как гемицеллюлозная часть древесины представляет собой сложные органические вещества, способные в щелочной среде цементного теста гидролизироваться и переходить в водорастворимые сахара, которые ухудшают прочность изделия.

Для уменьшения отрицательного влияния экстрактивных и легкогидролизуемых веществ на прочность цементно-стружечных плит существует способ предварительной обработки древесного наполнителя в растворе щелочи. В представленной работе установлено, что дополнительное ультразвуковое воздействие в процессе щелочной обработки значительно увеличивает выход водорастворимых сахаров и, тем самым, вызывает увеличение прочностных характеристик цементно-стружечных плит. Воздействие ультразвука создает кавитацию и турбулентные потоки в жидком экстрагенте. В результате происходит быстрое набухание материала и растворение содержимого клетки, что приводит к интенсификации массообменных процессов. Доказано, что с увеличением температуры и времени обработки значительно ускоряется и увеличивается выход экстрагируемого вещества и, как следствие, увеличивается прочность изготавливаемого из данного сырья цементно-стружечных плит. При этом значительное увеличение концентрации щелочи в растворе не оказывает такого существенного эффекта.

Ключевые слова: древесно-цементный композит, древесный наполнитель, щелочная обработка, ультразвук.

For the production of wood-cement composites are currently used various fillers cellulose of plant origin, which have a number of specific properties that have a significant influence on the processes of structure and mechanical properties of the composites. It adversely affects characteristics of the organic filler provides low adhesion wood particles with respect to the cement. Thus, the cellulose and lignin components of the bulk timber, are sufficiently resistant substances and harmful effect on cement hardening process does not provide. While both hemicellulose of the wood is a complex organic substance capable in an alkaline environment of the cement paste and pass to hydrolyze soluble sugar products which degrade toughness.

To reduce the negative impact of extractive and hydrolysable substances on the strength of cement-bonded boards there is a pre-treatment of wood filler in alkaline solution. In the present study we found that the additional ultrasonic treatment in the process of alkaline treatment significantly increases the yield of soluble sugars and thereby causes an increase in strength properties of cement-bonded boards. Exposure to ultrasound creates cavitation and turbulence in the liquid extractant. The result is a rapid swelling and dissolution of the material contents of the cell, which leads to the intensification of mass transfer processes. Proved that with an increase in temperature and the processing time is considerably accelerated and increased yield of extractable substances and, therefore, increases the strength of the materials manufactured from cement-bonded particleboards. A considerable increase in the concentration of alkali in the solution does not have such a substantial effect.

Keywords: wood-cement composite, wood filler, alkaline treatment, ultrasound.

Введение

В течение последних нескольких десятилетий наблюдается повышенный интерес к использованию натуральных волокон в качестве армирования цементирующих

материалов, использующихся в строительстве. Из всех специфических особенностей целлюлозосодержащих наполнителей наиболее хорошо изучена их агрессивность по отношению к клинкерному цементу [1-4].

Древесина представляет собой сложный комплекс веществ, главным образом органического происхождения. Она состоит из целлюлозы (примерно 50% всей массы древесины), лигнина, гемицеллюлозы и небольшого количества экстрактивных веществ – танинов. Гемицеллюлозная часть древесины представляет собой сложные органические вещества – полисахариды, способные в щелочной среде цементного раствора гидролизироваться и переходить в водорастворимые сахара, которые, в свою очередь, являются сильнейшими «цементными ядами», которые образуют тончайшие оболочки, и изолируют частицы цемента от воды, замедляют ход процессов гидролиза и гидратации цемента. Смолистые вещества, содержащиеся в древесине, также оказывают влияние на процесс твердения цемента: смоляные кислоты при взаимодействии со щелочами, которые находятся в цементном тесте, образуют мыльные растворы. При значительном содержании смолистых веществ в древесине прочность цементно-стружечных плит может снизиться вследствие уменьшения смачиваемости частиц древесины и ухудшения сцепления с цементным тестом.

Для уменьшения отрицательного влияния водорастворимых экстрактивных и легкогидролизуемых веществ на прочность плит предложены различные способы и технологические приемы, сущность которых заключается в частичном удалении этих веществ из древесного наполнителя, в переводе простейших сахаров в безвредные для цемента соединения, в ускорении твердения портландцемента (т.е. в сокращении времени воздействия сахаров на процессы твердения).

Arsene M.-A. и др. в своей работе [5] для улучшения прочностных характеристик композита рассматривает использование тепловой обработки наполнителя в производстве цементно-стружечных плит. Термообработка увеличивает предел прочности при растяжении кокосовых и банановых волокон в среднем в 3 раза. Труд Хуе Ли [6] описывает выдержку натуральных древесных волокон в 5% водном растворе гидроксида натрия в течение от 2 часов до 72 часов при комнатной температуре. Автором установлено, что химическое воздействие на древесину увеличило показатели прочности на 30% из-за улучшения адгезии между волокном и матрицей, а также уменьшения водопоглощения волокон.

Основным процессом извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья является процесс экстрагирования в системе «твердое тело–жидкость». Преимущество экстракции заключается в том, что она проводится при низкой рабочей температуре процесса. Обработка щелочью древесины приводит к диффузии растворителя в поры твердого тела, растворению извлекаемых веществ, диффузии экстрагируемых веществ в капиллярах твердого тела к поверхности раздела фаз. При этом известно, что воздействие ультразвука, частотой выше 20 кГц, ускоряет этот процесс, создавая кавитацию и турбулентные потоки в жидкости [7-12]. Это, в свою очередь, приводит к повышению температуры агента, улучшению переноса массы между реагентом и древесной массой. Ультразвук ускоряет процесс экстрагирования и обеспечивает более полное извлечение нужных веществ.

В связи с этим, исследования ультразвуковой интенсификации процесса экстракции «цементных ядов» в производстве цементно-стружечных плит носит актуальный характер [13-15].

Методы и материалы

В свете вышеизложенного проведены экспериментальные исследования обработки древесного наполнителя в воде и в слабом растворе щелочи. Этот процесс интенсифицируется с помощью ультразвука [16-18].

Для исследования используется измельченная древесина сосны. В качестве агентов обработки применяются дистиллированная вода и водный раствор щелочи (NaOH), концентрацией 4%. Обработка древесины проводится в ультразвуковой ванне, частотой 40 кГц, в течение 15, 30 и 45 минут при температурах 20 °С, 50 °С и 80 °С. После варки в щелочи, древесина промывается от гидроксида натрия. Марка цемента в экспериментах составляет М400. Соотношение воды, органического наполнителя и цемента в смеси составляет 4:3:3 соответственно. Процесс уплотнения смеси осуществляется с помощью вибростолы в течение 5 минут. После формирования образцы помещаются на 24 часа в камеру гидратации ($T=70^{\circ}\text{C}$, $\phi=0,8$). Далее образцы выдерживаются в комнатных условиях в течение 7 суток для достижения максимальной прочности.

Полученные цементно-стружечные блоки имеют размеры 100x100x20 мм. Исследование прочностных характеристик полученных образцов осуществляется на универсальной разрывной машине SZ-5-1 [19-20].

Результаты и их обсуждение

На рисунках 1-3 представлены данные, полученные в процессе экстрагирования веществ

методом варки древесной щепы в дистиллированной воде и в щелочной среде с применением и без применения ультразвукового воздействия. Как видно из рисунков, массовая доля экстрагированных веществ увеличивается с увеличением температуры и продолжительности обработки в среднем на 43% при обработке с ультразвуком.

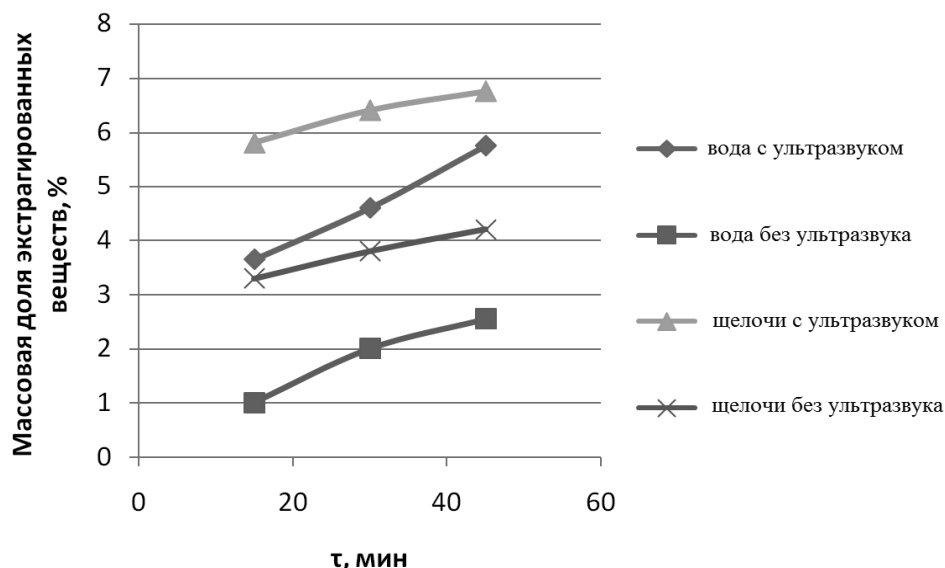


Рис. 1. Массовая доля экстрагированных веществ при $t_{\text{реак}}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$

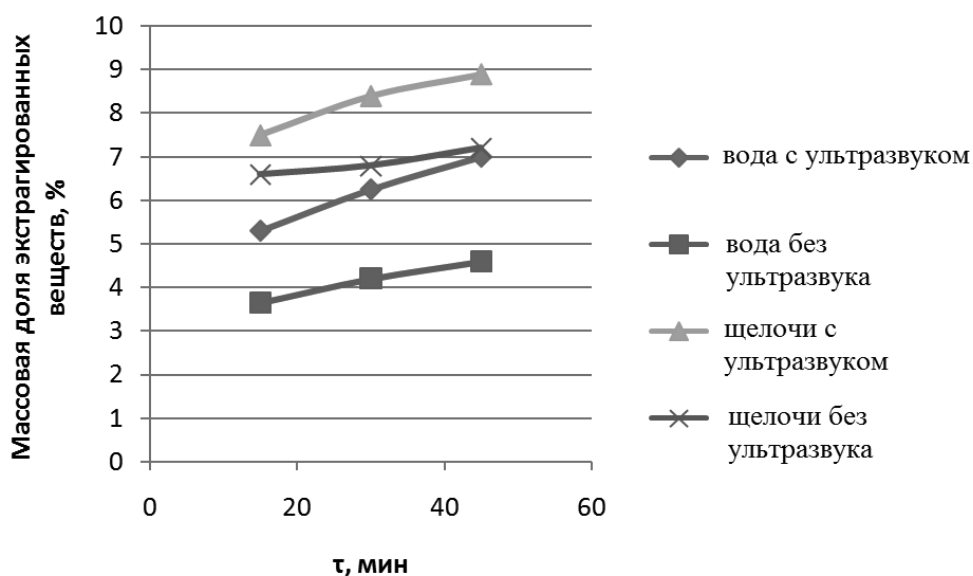


Рис. 2. Массовая доля экстрагированных веществ при $t_{\text{реак}}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$

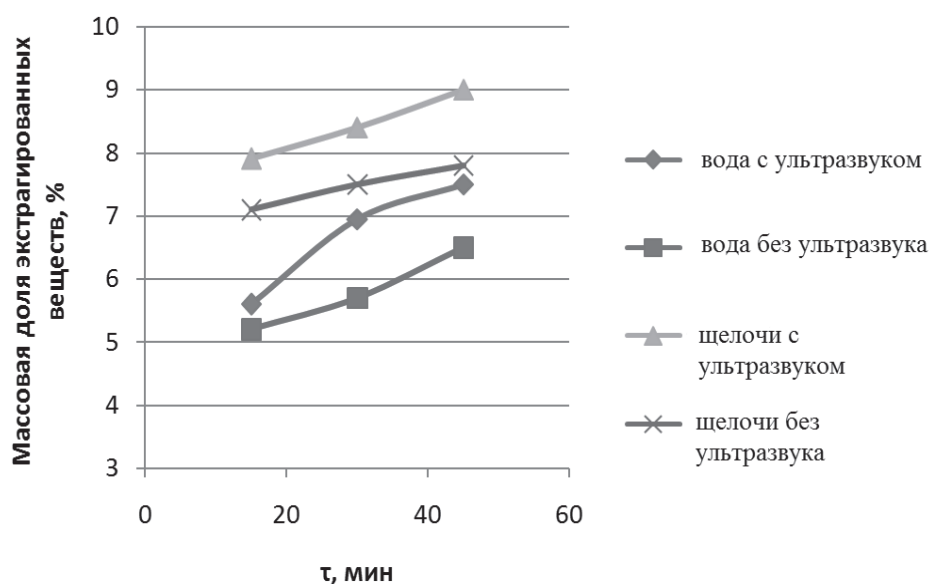


Рис. 3. Массовая доля экстрагированных веществ при $t_{\text{реак}}=80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Результаты испытания образцов плит на прочность показаны на рисунках 4-6. Из рисунков видно, что варка древесины в реагенте улучшает предел прочности и этот показатель растет с увеличением температуры и продолжительности обработки. Раствор щелочи удаляет значительно

больше водорастворимых веществ, препятствующих сцеплению наполнителя и минерального вяжущего, чем дистиллят. Ультразвуковое воздействие дополнительно увеличивает выход этих компонентов и, как следствие, повышает прочность изготовленных из данной древесины композитов.

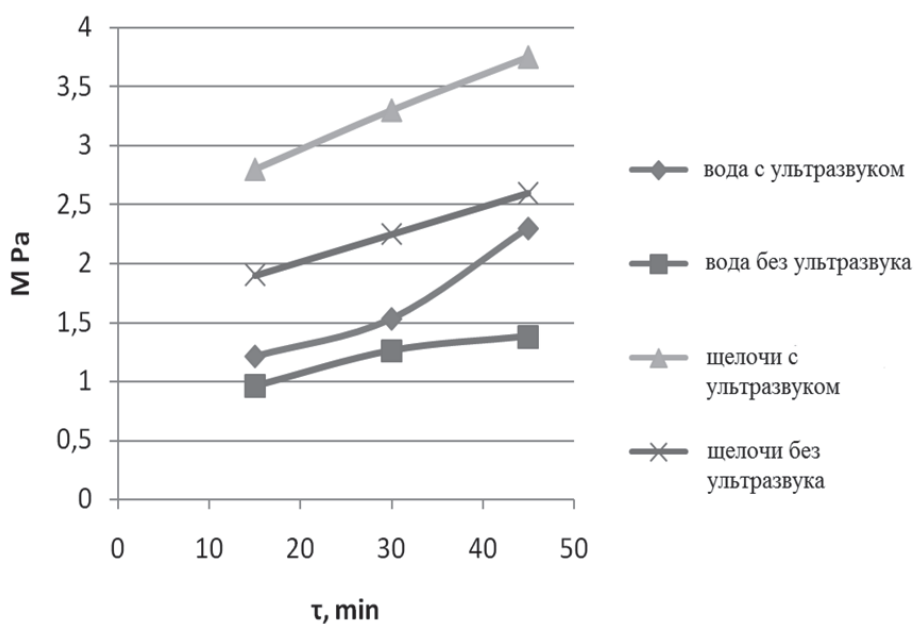


Рис. 4. Предел прочности образцов плит, изготовленных из щепы сосны, обработанной при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

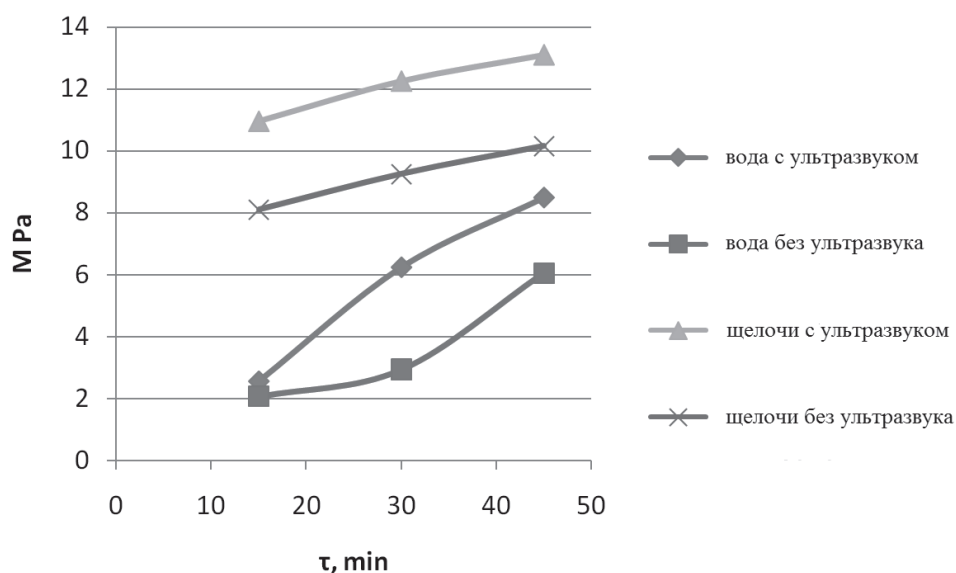


Рис. 5. Предел прочности образцов плит, изготовленных из щепы сосны, обработанной при температуре 50 °C

Анализ данных показывает, что с увеличением времени и температуры обработки древесного наполнителя прочность ЦСП увеличивается. При этом при невысоких температурах обработки время оказывает

незначительное влияние на прочность образцов. Значительное влияние времени обработки на прочностные характеристики наблюдается лишь при температурах более 60 °C.

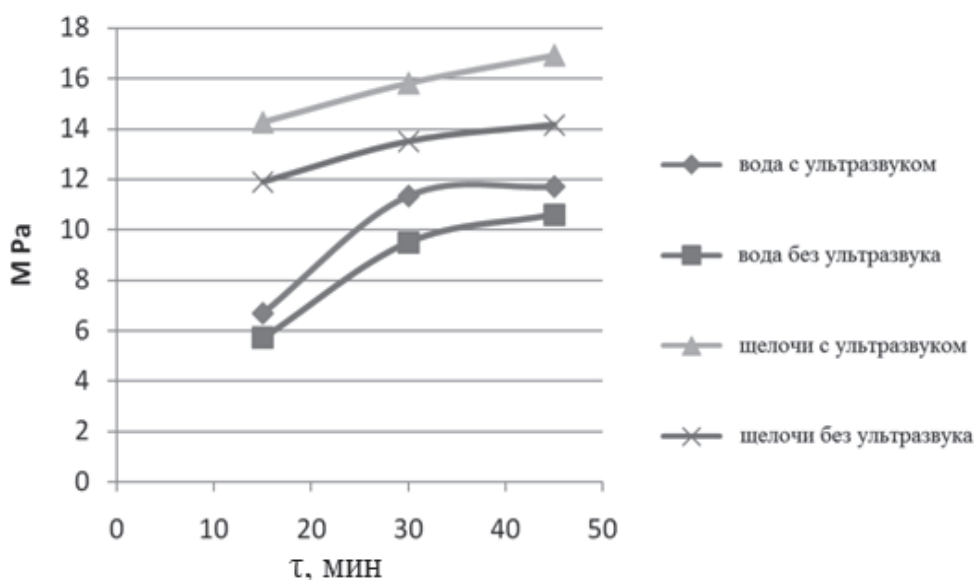


Рис. 6. Предел прочности образцов плит, изготовленных из щепы сосны, обработанной при температуре 80 °C

В результате исследований можно сделать вывод, что процесс экстракции ультразвуком, по сравнению со способом обычной варки, позволяет значительно ускорить и увеличить выход экстрагируемого вещества и, как следствие, увеличить прочность изготавливаемого из данного сырья цементно-стружечных плит.

Заключение

Натуральные волокна считаются потенциальной заменой искусственных волокон в производстве композиционных материалов. Однако, серьезной проблемой природных наполнителей является несовместимость с большинством связующих материалов. Низкая

прочность композитов связана с химическим составом древесины. Известно, что древесина содержит легкогидролизуемые и экстрактивные вещества – «цементные яды», вредные для цемента, которые и замедляют набор прочности изделий. Наиболее вредное воздействие оказывают легкорастворимые простейшие сахара: сахароза, глюкоза, фруктоза и часть гемицеллюлозы, способной в определенных условиях превратиться в эти сахара, и в меньшей степени опасны крахмал, танины и смолы. Щелочная среда цементного теста способствует выделению «цементных ядов», количество которых колеблется в значительных пределах в зависимости от породы древесины, условий и сроков ее хранения. Они состоят, в основном, из углеводных групп, которые, осаждаясь на поверхности частичек минералов цемента, образуют тончайшие оболочки, затрудняющие ход процессов гидратации цемента. Поэтому древесную щепу перед смешиванием с цементом необходимо освободить от водорастворимых веществ.

Результаты испытаний образцов цементных композитов показывают, что обработка древесины щелочью улучшает прочностные характеристики. Это происходит из-за улучшенной адгезии между наполнителем и минеральным вяжущим, возникающей вследствие устранения адсорбционного слоя, образованного вокруг частиц древесины. Полученные результаты подтверждают, что объединение предварительной щелочной обработки древесного наполнителя и воздействия ультразвуком является более эффективным методом в улучшении механических характеристик древесно-цементных композитов.

Литература

1. Coutts, R.S.P., Wood fibre reinforced cement composites, in natural fiber reinforced cement and concrete, Blackie: London, Glasgow, England, Vol. 5, pp. 1–62, 1988.
2. 21. Е.Ю. Разумов, Ф.Г. Валиев, Р.Р. Хасаншин // Вестн. Казан. технол. ун-ва, 9, 463–468, (2010).
3. Miller, R.B., Wood Handbook — Wood as an Engineering Material, Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113, Chapter 2, USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI, USA, 1999.
4. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Н.Р. Галяветдинов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики 11-12, 159–163, (2008).
5. Zhu, W.H., Tobias, B.C., Coutts, R.S.P., Langfors, G., Air-cured banana-fibre-reinforced cement composites, Cement and Concrete Composites, 16, pp. 311–319, 1994.
6. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Гильмиев, Ф.Г. Валиев // Деревообрабатывающая промышленность, 5, 22–23, (2008).
7. Nazerian M., Ghalehno M.D., Gozali E., Effects of wood species, particle sizes and dimensions of residue obtained from trimming of wood–cement composites on physical and mechanical properties of cement-bonded particleboard, Wood Material Science and Engineering, 6, pp. 196–206, 2011.
8. Н.Р. Галяветдинов, В.А. Лашков, А.Н. Николаев // Вестн. Казан. технол. ун-ва, 20, 112–115 (2011)
9. Arsene M.-A., Okwo A., Bilba K., Soboyejo A. B. O., Soboyejo W. O., Chemically and Thermally Treated Vegetable Fibers for Reinforcement of Cement-Based Composites, Materials and Manufacturing Processes, 22, pp. 214–227, 2007.
10. Xue Li, Lope G., Tabil, Satyanarayan Panigrahi, Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review, J Polym Environ, 15, pp. 25–33, 2007.
11. Р.Р. Сафин, Н.Р. Галяветдинов, Р.Г. Сафин, Р.Р. Хасаншин, И.А. Валеев, Е.Ю. Разумов, П.А. Кайнов, Л.И. Аминов // Патент на изобретение RUS 2464 162 14.02.2011.
12. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Н.Р. Галяветдинов, Ф.Г. Валиев // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология, 12, 104–106, (2008).
13. Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова // Вестн. Казан. технол. ун-ва, 12, 241–245, (2011).
14. Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова, Р.А. Халитов, Е.И. Байгильдеева // Вестн. Казан. технол. ун-ва, 3, 131–133, (2012).
15. Safin R.R., Štefan Barčík, Nazipova F.V., Ziatdinov R.R., Shaikhutdinova A.R., Beliakova E.A., Kainov P.A., The effect of ultrasonic extraction of soluble sugars from the wood filler on the strength properties of the composite based on mineral binder, Key Engineering Materials, Vol. 688, pp. 138–144, 2016.
16. Safin, R.R., Galyavetdinov, N.R., Khasanshin, R.R., Safin, R.G., Razumov, E.Y., The usage of wood wastes in the manufacture of composite materials, Conference Proceedings 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference "SGEM 2015. Energy and Clean Technologies", Bulgaria, Albena, pp. 779–786, 2015.

17. Wei Kong, Da-qiang Cang, Jia-hui Song, Philosophical Magazine Letters, Vol. 92, No. 2, pp. 103–110, 2012.
18. Qing Li, Tong Lin, Xungai Wang, Effects of ultrasonic treatment on wool fibre and fabric properties, The Journal of The Textile Institute, Vol. 103, No. 6, pp. 662–668, 2012.
19. Trevena D.H., Ultrasonic Waves in Liquids, Contemp. Phys., Vol. 10, No. 6, pp. 601–614, 1969.
20. Yi-Cheng Huang, Effects of ultrasonic diffuse field on particle dispersion in liquid, Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 33, No. 1, pp. 111–119, 2010.

© **Ф.В. Назипова** – аспирант кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», faridan13@mail.ru; **А.Ф. Гараева** – магистр кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», chebesh@bk.ru.

УДК 674.04

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ТОПЛИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ТЕРМИЧЕСКИЙ КПД КОТЛА

Ладислав Дзуренда

В статье проанализировано влияние влажности топливной древесины на потери тепла и термический КПД котла. Чем выше влажность древесины, тем ниже термический КПД котла. Представлена математическая зависимость термического КПД котла для следующих условий эксплуатации: влажность топливной древесины $W=10\div 50\%$, диапазон температур уходящих из котла в атмосферу дымовых газов $t_{sp}=120\div 180\text{ }^{\circ}\text{C}$, эмиссия на уровне значений пределов эмиссии: оксида углерода $EL_{CO}=250\text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$, летучей золы с сажей $EL_{C-ZU}=50\text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ и номинальной мощности $P=5\text{--}10\text{ МВт}$ в виде отношения: $\eta=[(-0,001\text{ }W^2-0,019\cdot W+91,526)-(0,001\cdot W+0,058)(t_{sp}-120)-(4/P^{1/3})]$.

Ключевые слова: топливная древесина, влажность, котел, потери тепла, термический КПД.

The paper analysed the influence of firewood moisture content on heat losses and the thermal efficiency of a boiler. The thermal efficiency of the boiler with increasing wood moisture content decreases. Presented is a mathematical thermal efficiency dependence of the boiler for operating conditions: humidity fuel wood $W=10\div 50\%$, range of temperatures emitted flue gases from the boiler into the atmosphere $t_{sp}=120\div 180\text{ }^{\circ}\text{C}$, emission at the emission limit values: carbon monoxide $EL_{CO}=250\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ and fly ash with carbon black $EL_{C-ZU}=50\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ and a rated power $P=5\text{--}10\text{ MW}$ equation: $\eta=[(-0.001\cdot W^2-0.019\cdot W+91.526)-(0.001\cdot W+0.058)(t_{sp}-120)-(4/P^{1/3})]$.

Key words: firewood, humidity, boiler, heat loss, thermal efficiency.

Введение

Согласно работам [1–2], эффективность производства тепла из биотоплива – древесной биомассы зависит как от конструкторского решения теплового генератора, так и от энергетических свойств топливной древесины и самой эксплуатации теплового генератора. Энергетические свойства древесной биомассы в решающей степени зависят от ее влажности, которая оказывает отрицательное влияние не только на основные энергетические свойства биомассы, такие как теплота сгорания Q_s и теплотворность Q_n , но и на процесс горения в топке: температуру пламени, объем образующихся дымовых газов, температуру точки росы дымовых газов, производство

эмиссии. От конструкторского решения части теплообменника теплового генератора зависит использование теплосодержания дымовых газов – степень охлаждения дымовых газов перед их выводом в атмосферу и тем самым размер потерь тепла с уходящими газами.

В действительности котлы средней мощности, работающие на топливной древесине, достигают термического КПД $\eta_k=75\text{--}85\%$, а современные котельные установки на гомогенизированном биотопливе – древесине с гарантированными энергетическими свойствами – КПД $\eta_k=92\%$. Согласно работам [3–7], к стандартным тепловым потерям котла относятся: потеря тепла с уходящими газами, потеря за счет утечки летучего и нелетучего горючего

вещества, т. н. химический и механический недожог, потеря тепла за счет излучения и конвекции с поверхности котла [8-10].

В настоящем пособии представлены результаты влияния влажности топливной древесины на термический КПД котла и стандартные потери тепла, такие как потеря тепла с уходящими газами, потеря тепла от химического и механического недожога, потеря тепла за счет конвекции и радиации с поверхности котла. Граничные условия эксплуатации котла для данного анализа: влажность топливной древесины $W=10-50\%$, температура уходящих из котла в атмосферу дымовых газов $t_{dg}=120-180\text{ }^{\circ}\text{C}$, номинальная мощность котла $P=5-10\text{ МВт}$ и качество процесса сгорания топлива отрегулировано таким образом, чтобы не были превышены значения пределов эмиссии: оксида углерода $EL_{CO}=250\text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ и летучей золы с сажей $EL_{C-ZU}=50\text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$.

Термический КПД котла

Термический КПД котла определяется как отношение тепловой мощности к входной мощности котла. Одной из альтернатив его определения является косвенный метод, т.е. метод определения КПД на основании стандартных тепловых потерь котла ξ_i . Математически это описано в уравнении:

$$\eta_k = \frac{Q_o}{Q_i} \cdot 100 = 100 - \sum \xi_i [\%]$$

К стандартным тепловым потерям котла, производящего тепло за счет сжигания топливной древесины, по мнению авторов [5-8], относятся следующие потери тепла:

$$\sum \xi_i = \xi_k + \xi_{CO} + \xi_{C-ZU} + \xi_{CA} + \xi_R, [\%]$$

где: ξ_k – потеря, вызванная утечкой тепла в дымовых газах (потеря тепла с уходящими газами); ξ_{CO} – потеря, вызванная утечкой летучего горючего вещества в дымовых газах (химический недожог); ξ_{C-ZU} – потеря, вызванная утечкой нелетучего горючего вещества в дымовых газах в виде летучей золы с сажей; ξ_{CA} – потеря, вызванная утечкой нелетучего горючего вещества в твердых остатках (механический недожог); ξ_R – потеря за счет излучения и конвекции тепла с поверхности котла в окружающую среду [11-13].

Потеря тепла с уходящими газами (ξ_k) – потеря тепла котла, вызванная отводом тепла в дымовых газах из котла в атмосферу. Определяется как разница энтальпии на выходе

из котла и энтальпии дымовых газов, охлажденных до температуры воздуха в атмосфере к количеству тепла, подведенного в 1 кг топлива. Это приведено в отношении

$$\xi_k = \frac{V_{dg} \cdot c_p \cdot (t_{dg} - t_{dg-e})}{Q_n} \cdot 100 [\%]$$

где: V_{dg} – объем влажных дымовых газов, образуемый сжиганием 1 кг топливной древесины, $\text{м}^3/\text{кг}$; c_p – средняя специфическая теплоемкость 1 м^3 дымовых газов при постоянном давлении, $\text{кДж}/\text{м}^3\cdot\text{К}$; t_{dg} – температура дымовых газов, $^{\circ}\text{C}$; t_{dg-e} – температура дымовых газов, охлажденных до температуры воздуха горения, $^{\circ}\text{C}$; Q_n – теплотворность топливной древесины, $\text{кДж}/\text{кг}$ [14-16].

Потеря тепла за счет утечки горючего вещества в дымовых газах – химический недожог ($\xi_{CO} + \xi_{C-ZU}$) объясняет потерю в результате неполного сгорания летучего горючего вещества биотоплива. Потеря связана с возникновением: летучей золы с сажей C_{C-ZU} , оксида углерода CO , метана CH_4 соотв. смол C_nH_m в дымовых газах, отводимых из устройства для сжигания в атмосферу. Наиболее часто встречающиеся и измеримые промышленным способом компоненты химического недожога от сжигания дендромассы – эмиссии летучей золы с сажей C_{ZU} и оксид углерода CO . Расчет потерь тепла от утечки летучего горючего вещества описан в уравнении:

$$\xi_{CO} = \frac{10\,200 \cdot X_{CO} \cdot V_{dg-d}}{Q_n} \cdot 100 [\%]$$

$$\xi_{C-ZU} = \frac{32\,600 \cdot X_{C-ZU} \cdot V_{dg-d}}{Q_n} \cdot 100 [\%]$$

где: X_{CO} – весовая концентрация оксида углерода (CO) в сухих дымовых газах, $\text{кг}/\text{м}^3$; X_{C-ZU} – весовая концентрация летучей золы с сажей в сухих дымовых газах, $\text{кг}/\text{м}^3$; V_{dg-d} – объем сухих дымовых газов, образованный сжиганием 1 кг топливной древесины, $\text{м}^3/\text{кг}$; Q_n – теплотворность топливной древесины, $\text{кДж}/\text{кг}$ [17-19].

Потеря тепла от утечки горючего вещества в твердых остатках, или механический недожог (ξ_C), вызвана прохождением твердого горючего вещества (древесного угля) через решетку в урну. Встречается только в колосниковых топках при сжигании твердого топлива. Величину потери количественно определяет отношение:

$$\xi_{CA} = 32600 \cdot \frac{C_A \cdot A^d}{100 \cdot 100} \left(1 - \frac{W}{100}\right) \cdot 100 [\%]$$

где: C_A – массовая доля углерода в золе, %; A^d – сравнительное массовое представление зольного остатка в сухой топливной древесине, %; W – относительная влажность топливной древесины, %; Q_n – теплотворность топливной древесины, кДж/кг.

Потеря за счет излучения и конвекции тепла с поверхности котла в окружающую среду (ξ_R) зависит от конструкции теплового генератора, толщины стен, использованного изоляционного материала и отделки поверхности стен. На практике для определения потери тепла с поверхности котла за счет излучения и конвекции в окружающую среду используются номограммы или эмпирическое отношение:

$$\xi_R = \frac{4}{100 \cdot \sqrt[3]{P_m}} \cdot \frac{P_m}{P} \cdot 100 [\%]$$

где: P – мощность котла, МВт; P_m – номинальная мощность котла, МВт.

Теплотворность биомассы в зависимости от влажности, по мнению авторов, количественно определяется математическим отношением:

$$Q_n = 18840 - 21353 \cdot \frac{W}{100} [\text{кДж} \cdot \text{кг}^{-1}]$$

где: W – относительная влажность топливной древесины, %.

Для повышения эффективности анализа влияния влажности топливной древесины на эффективность эксплуатации котла в программе MSEXCEL была разработана программа в форме расчетной таблицы, которая на основании исходных данных: C^{daf} , H^{daf} , O^{daf} , N^{daf} – химический состав горючего вещества топливной древесины, W – относительная влажность топливной древесины, A^d – зольность топливной древесины, λ – избыток воздуха для сжигания, t_e – температура воздуха в атмосфере, t_{sp} – температура дымовых газов на выходе из котла, X_{CA} – доля углерода в золе, X_{CO} – весовая концентрация оксида углерода (CO) и X_{C-ZU} – весовая концентрация летучей золы и сажи в

сухих дымовых газах – предоставляет информацию о термическом КПД котла и размере отдельных потерь тепла котла [20-22].

Влияние влажности топливной древесины на потери тепла и термический КПД котла

Применение данной математической модели влияния влажности топливной древесины на потери тепла котла и термический КПД выполнено для топливной древесины со следующим химическим составом горючего вещества: $C^{\text{daf}} = 0,5 \pm 0,01$ [кг·кг⁻¹], $H^{\text{daf}} = 0,06 \pm 0,001$ [кг·кг⁻¹], $O^{\text{daf}} = 0,44 \pm 0,03$ [кг·кг⁻¹], содержание зольного остатка в древесине $A^d = 0,01$ [кг·кг⁻¹].

В таблице 1 приведены значения отдельных потерь тепла котла, сжигающего топливную древесину со следующими значениями влажности: $W = 10-50$ %, при избытке воздуха сжигания $\lambda = 2,1$, средней температуре воздуха для сжигания, подаваемого на топку котла, $t_{vz} = 10^\circ\text{C}$, температуре дымовых газов на выходе из теплового генератора $t_{dg} = 120^\circ\text{C}$, номинальной тепловой мощности $P = 10$ МВт и без превышения предельных значений эмиссии [23-25].

Из анализа влияния влажности топливной древесины на размер потерь тепла следует, что наибольшей потерей тепла котла является потеря с уходящими газами. Под влиянием влажности топливной древесины увеличивается потеря тепла со значения $\xi_{K-10\%} = 8,4$ % на значение $\xi_{K-50\%} = 10,5$ %, т. е. на $\Delta\xi = 2,1$ %. Прочие потери тепла, такие как утечка летучего или нелетучего горючего вещества в дымовых газах или механический недожог, по сравнению с потерями с уходящими газами, несравненно меньше, и влияние влажности топливной древесины не превышает значения $\Delta\xi = 0,03$ %. Потеря тепла за счет конвекции и излучения с поверхности котла не зависит от влажности сжигаемого топлива.

Зависимость термического КПД котла от влажности топливной древесины при данных условиях эксплуатации без учета потери тепла за счет конвекции и излучения от котла демонстрирует рис. 1.

Таблица 1 – Потери тепла котла при влажности сжигаемой древесины $W=10\text{--}50\%$ и температуре дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу, $t_{dg}=120\text{ }^{\circ}\text{C}$

Параметр	Потери тепла котла [%]				
Температура дымовых газов $t_{dg} [^{\circ}\text{C}]$	$t_{dg} = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$				
Относительная влажность $W [\%]$	10%	20%	30%	40%	50%
Потеря с уходящими газами (ζ_k)	8,372	8,706	9,091	9,803	10,512
Потеря тепла от утечки летучего горючего вещества в дымовых газах (ζ_{CO})	0,136	0,139	0,146	0,148	0,157
Потеря тепла от утечки нелетучего горючего вещества в дымовых газах (ζ_{C-ZU})	0,174	0,178	0,183	0,190	0,201
Потеря тепла от утечки нелетучего горючего вещества в золе (ζ_{CA})	0,183	0,187	0,192	0,199	0,211
Потеря тепла за счет конвекции и излучения тепла с поверхности котла (ζ_R)	1,860	1,860	1,860	1,860	1,860
Термический КПД котла	89,275	88,933	88,528	87,800	87,059

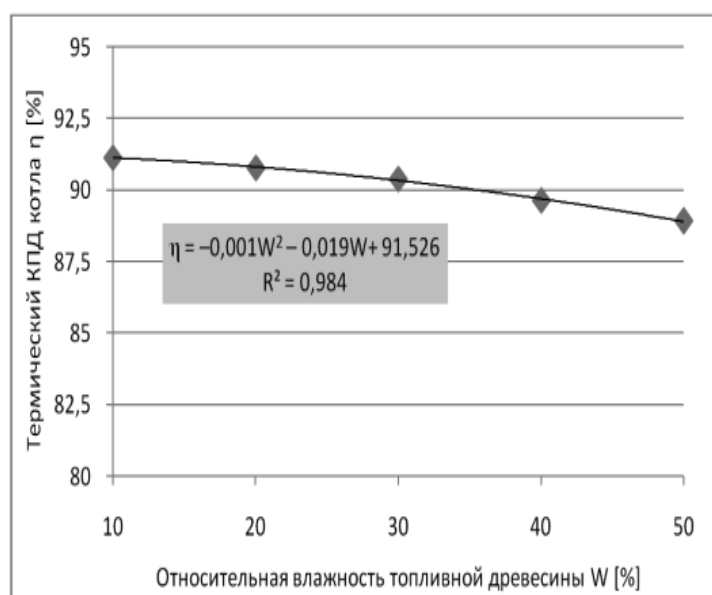


Рис. 1 Зависимость термического КПД котла от влажности сжигаемой древесины при температуре выбрасываемых дымовых газов из котла в атмосферу $t_{dg} = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$

Влияние температуры дымовых газов, выбрасываемых из котла в атмосферу, на термический КПД котла при сжигании

топливной древесины различной влажности представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость термического КПД котла от температуры дымовых газов в диапазоне значений $t_{dg}=120-180$ °C и влажности сжигаемой древесины $W=10-50$ %

Температура дымовых газов [°C]	Термический КПД котла [%]				
	Относительная влажность топливной древесины W [%]				
	$W=10$ %	$W=20$ %	$W=30$ %	$W=40$ %	$W=50$ %
180	85,349	84,629	83,657	82,272	80,142
160	86,815	86,180	85,322	84,101	82,222
140	88,730	87,725	86,981	85,922	84,293
120	89,275	88,933	88,528	87,800	87,059

На основании проведенных анализов была количественно определена зависимость термического КПД котла от влажности сжигаемой древесины в диапазоне $W = 10-50$ % температуре выбрасываемых в атмосферу дымовых газов $t_{sp} = 120-180$ °C и номинальной мощности $P=5-10$ МВт в следующем виде:

$$\eta = [(-0,001 \cdot W^2 - 0,019 \cdot W + 91,526) - (0,001 \cdot W + 0,058) \cdot (t_{sp} - 120) - (4/P^{1/3})] [\%].$$

Из представленных результатов влияния температуры дымовых газов и влажности сжигаемой древесины на термический КПД котла следует, что если сжигание топливной древесины влажностью $W=10$ % при температуре выбрасываемых в атмосферу дымовых газов $t_{sp}=120$ °C и номинальной мощности котла $P=10$ МВт котел достигает термического КПД $\eta_{K-10}\%=89,3$ %, то в реальных условиях эксплуатации при сжигании топливной древесины влажностью $W=50$ % достигает термического КПД $\eta_{K-50}\%=87,1$ %. Снижение термического КПД котла при увеличении влажности в диапазоне $W=10-50$ % составляет $\Delta\eta_K=2,2$ %. При увеличении температуры выбрасываемых дымовых газов указанное снижение термического КПД котла становится еще более выраженным. При сжигании топливной древесины влажностью $W = 10$ % и температуре выбрасываемых в атмосферу дымовых газов $t_{sp}=180$ °C котел достигает термического КПД $\eta_{K-10}\%=85,4$ %, а при сжигании топливной древесины влажностью $W=50$ % термический КПД составляет всего η_K .

$60\%=80,1$ %. Снижение термического КПД с увеличением влажности от $W=10$ % до $W=50$ % – $\Delta\eta_K=5,3$ %.

Снижение термического КПД в диапазоне значений с $\eta_K=2,2$ % до $5,3$ % при увеличении влажности сжигаемой древесины с $W=10$ % до $W=50$ % является важным аргументом для снижения влажности сжигаемой топливной древесины и использования экономически эффективных форм гомогенизации влаги, каковой, согласно работам [12-15], является, например, технология транспирационной сушки ветвей и верхушек деревьев, т. е. естественной предварительной сушки штучной топливной древесины.

Заключение

В статье проанализировано влияние влажности топливной древесины на потери тепла и термический КПД котла: влажность сжигаемой топливной древесины $W^*=10-50$ %, температура выбрасываемых из котла в атмосферу дымовых газов $t_{sp}=120-180$ °C при номинальной мощности $P=5-10$ МВт и эмиссии на уровне значений пределов эмиссии – оксида углерода $EL_{CO}=250$ мг·м⁻³ и летучей золы с сажей $EL_{C-ZU}=50$ мг·м⁻³.

Из проведенных анализов потерь тепла котла следует, что наибольшей потерей тепла, которая зависит от влажности сжигаемой древесины, является потеря с уходящими газами: она приблизительно в 70 раз выше остальных потерь тепла, зависящих от влажности сжигаемой топливной древесины.

Повышенная влажность топливной древесины отрицательно сказывается на термическом КПД котла. Если при сжигании топливной древесины влажностью $W=10\%$, температуре выбрасываемых в атмосферу дымовых газов $t_{sp}=120^\circ\text{C}$ и номинальной мощности котла $P=10\text{ МВт}$ котел достигает термического КПД $\eta_{K-10\%}=89,3\%$, то в реальных условиях эксплуатации при сжигании топливной древесины влажностью $W=50\%$ термический КПД котла снижается до $\eta_{K-50\%}=87,2\%$. т.е. на $\eta_K=2,2\%$.

При увеличении температуры выбрасываемых дымовых газов указанное снижение термического КПД котла становится еще более выраженным. Сжигание топливной древесины в диапазоне влажности $W = 10\text{--}50\%$ при температуре выбрасываемых в атмосферу дымовых газов $t_{sp}=180^\circ\text{C}$ и номинальной мощности котла $P=10\text{ МВт}$ сопровождается снижением термического КПД котла на $\eta_K=5,3\%$.

Снижение термического КПД в диапазоне значений $\eta_K=2,2\%$ до $5,3\%$ при сжигании топливной древесины в диапазоне влажности $W = 10\text{--}50\%$, является аргументом для снижения влажности сжигаемой топливной древесины и использования экономически эффективных форм гомогенизации влаги, каковой является, например, технология транспирационной сушки ветвей и верхушек деревьев, т.е. естественной предварительной сушки штучной топливной древесины. Настоящая работа была создана в рамках грантового проекта KEGA–SRNo: 006TUZ-4/2014 и при значительной поддержке агентства KEGA–SR.

Литература

1. Головков, С. И., Коперин, И. Ф., Найденов, В. И.: Энергетическое использование древесных отходов. Москва: Лесная промышленность 1987. 220 с.
2. Сафин Р.Р., Валеев И.А., Сафин Р.Г. // Математическое моделирование пиролиза древесины при регулировании давления среды // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2005 - № 2. С. 168-173.
3. Marutzky, R., Seeger K.:Energieaus Holz und anderer Biomasse.DRD – Verlag Weinbrenner GmbH & Co., Leinfelden-Echterdingen. 1999. 430 с.
4. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Гильмиев Р.Р., Валиев Ф.Г. Снижение расхода энергии на проведение процессов сушки посредством вакуумно-конвективной технологии // Деревообрабатывающая промышленность - 2008. № 5. - С. 22-23.
5. Разумов Е.Ю., Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Аминов Л.И. Экспериментальное исследование физического эффекта обработки древесных отходов ВЧ-плазмой Деревообрабатывающая промышленность. - 2009. - № 1. - С. 24-25.
6. Domanski, M., Dzurenda, L., Jablonski, M., Osipiuk, J.:Drewno jako material energetyczny. SGGWWarszawa, 2007, 131 с.
7. Сафин Р.Р., Хакимзянов И.Ф., Кайнов П.А., Николаев А.Н., Сафина А.В. Обзор современных технологических решений повышения энергоэффективности в процессах сушки пиломатериалов // Вестник Казанского технологического университета. // 2014. Т. 17. № 21. // С. 50-52.
8. Malat'ák, J., Vaculík, P.: Biomasa provýrobuenergie. Praha: CZU, 2008,206 с.
9. Сафин Р.Р., Белякова Е.А. Усовершенствование технологии термомодифицирования древесины BICOS-TMT // Вестник Казанского технологического университета. 2012. - Т. 15. - № 13. - С. 134-136.
10. Dzurenda,L., Jandačka, J.:Energetickévyžitiedendromasy. Zvolen: TechnickáuniverzitavoZvolene, 2010, 162 с.
11. Разумов Е.Ю., Белякова Е.А., Сафин Р.Р. Математическая модель процесса термомодифицирования древесины труднопропитываемых пород в жидкости // Вестник Казанского технологического университета. - 2011. - № 16. - С. 233-239.
12. Šooš, Ľ., Kolečák, M., Urban, F.: Biomasa – obnoviteľnýzdrojenergie. Bratislava: VERT, 2012, 162 с.
13. Сафин Р.Р., Разумов Е.Ю., Воронин А.Е., Зиатдинов А.Р., Сабиров А.Т. Установка для переработки отходов древесных производств Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2009. - № 5. - С. 82-87.
14. Rajniak, I. a kol.: Tepelno-energetické a emisné merania. Bratislava: Ister Science, 1997, 481 с.

15. Сафин Р.Р., Сафин Р.Г., Разумов Е.Ю., Тимербаев Н.Ф., Зиатдинова Д.Ф., Валиев Ф.Г., Оладышкина Н.А., Кайнов П.А., Хасаншин Р.Р., Воронин А.Е. // Установка для сушки древесины // патент на изобретение RUS 2425306 23.11.2009
16. Holoubek, D.: Spaľovacie zariadenia, výmenníky tepla a kotly. Košice: ARS LITERA, 2002. 215 с.
17. Dzurenda, L., Banski, A.: Dependence of the boiler flue gas losses on humidity of woody biomass. In: Archives of Thermodynamics, 2015, 36(4): 77–86.
18. Дзуренда, Л., Бански, А.: Влияние влажности биотоплива на потерь тепла котла в дымовом газе. In: 1st Polish – 19. Russian Symposium on Science and Education, Gdansk, AGNI Publishing, 2015, 90-91 с.
20. Kollmann, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. I. Band. Berlin-Göttingen-Heidelberg-München. 1951, 433 с.
21. Setnička, F.: Tepelná technika pre drevárskych inžinierov. Bratislava: ALFA. 1981. 432 с.
22. Jandačka, J., Malcho, M., Mikulík, M.: Technológia pre prípravu energetického využitia biomasy. Žilina: GEORG. 2007. 222 с.
23. Šimanov, V.: Energetické využití dřeva. Olomouc: Terapolis, 1995, 98 с.
24. Dzurenda, L., Banski, A.: Výroba tepla a energie z dendromasy. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2016, 239 с.
25. Сафин Р.Р., Сафин Р.Г., Разумов Е.Ю., Тимербаев Н.Ф., Зиатдинова Д.Ф., Хайрутдинов С.З., Кайнов П.А., Хасаншин Р.Р., Воронин А.Е., Шайхутдинова А.Р. // Способ термообработки древесины // патент на изобретение RUS 2422266 14.12.2009.

©Ладислав Дзуренда – профессор Технического университета в Зволене, dzurenda@tuzvo.sk.

УДК 628.54

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТХОДАМИ ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н.Р. Галяветдинов, О.В. Павленко

В статье рассматривается классификация, состав и методы очистки бытовых и производственных сточных вод, а также представлен способ очистки поверхности воды от нефти и масляных пятен с применением многотоннажных отходов гидролизной промышленности - гидролизного лигнина.

Ключевые слова: сточные воды, методы очистки, источники загрязнения, гидролизный лигнин.

The article deals with the classification, composition and methods of treatment of domestic and industrial wastewater, as well as provides a method of cleaning the surface of the water from the oil and buttered spots using large-tonnage waste hydrolytic industry - hydrolyzed lignin.

Key words: wastewater, treatment methods, sources of pollution, lignin.

Введение

Вода – ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Общеизвестна необходимость ее для бытовых потребностей человека, всех растений и животных. Для многих живых существ она служит средой обитания.

Потребности в воде огромны и ежегодно возрастают. Ежегодный расход воды на земном шаре по всем видам водоснабжения составляет 3300-3500 км³. При этом 70% всего водопотребления используется в сельском хозяйстве.

Много воды потребляют химическая и целлюлозно-бумажная промышленность, черная и цветная металлургия. Развитие энергетики также приводит к резкому увеличению потребности в воде. Значительное количество

воды расходуется для потребностей отрасли животноводства, а также на бытовые потребности населения. Большая часть воды после ее использования для хозяйственно-бытовых нужд возвращается в реки в виде сточных вод или после очистки (рис.1)[1].

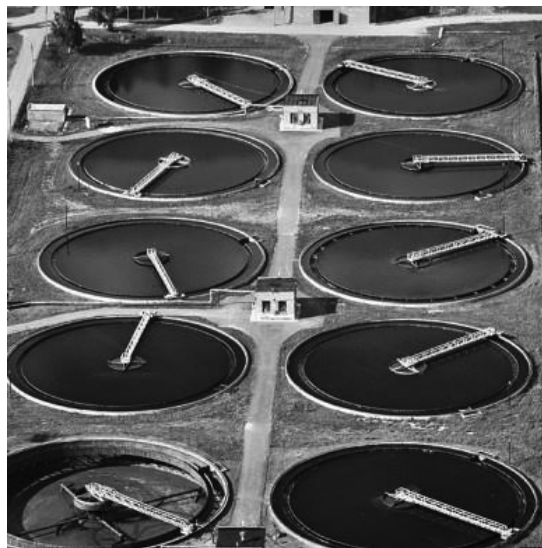


Рис. 1. Очистные сооружения

Классификация сточных вод включает три основные категории в зависимости от их состава, происхождения и качественных показателей примесей и загрязнений:

- Основными их загрязнениями являются *хозяйственно-бытовые* и *физиологические отходы*, а для их сброса действуют специальные правила приема сточных вод в городскую канализацию;

- *Промышленные или производственные воды*, использованные при выполнении разнообразных технологических процессов, таких как: промывание сырья и продукции, охлаждение оборудования и т.д., а также откачанные на поверхность в процессе добывания полезных ископаемых.

Чаще всего промышленные стоки загрязнены производственными отходами, в которых могут содержаться такие вредные и отравляющие вещества, как азот аммонийный, синильная кислота, соли свинца, ртути и меди, фенолы, анилин и т.д., а также отходы, которые могут иметь ценность при использовании в качестве вторичного сырья.

Промышленные стоки могут быть разделены на две категории: *загрязненные*, для которых перед повторным использованием или выпуском в водоемы производится предварительная очистка сточных вод, и

слабозагрязненные или условно чистые, которые не требуют предварительной обработки.

- *Атмосферные* сточные воды, к которым относятся талые и дождевые воды, а также воды от полива зеленых насаждений и улиц. Данная категория сточных вод содержит в себе в основном загрязнения минерального происхождения и представляют меньшую санитарную опасность, чем производственные и бытовые стоки, поэтому очистка ливневых сточных вод является наименее требовательной процедурой [2].

Под загрязнением водных ресурсов понимают любые изменения физических, химических и биологических свойств воды в водоемах в связи со сбрасыванием в них жидких, твердых и газообразных веществ, которые причиняют или могут создать неудобства, делая воду данных водоемов опасной для использования, нанося ущерб народному хозяйству, здоровью и безопасности населения.

Загрязнение поверхностных и подземных вод можно распределить на такие типы:

- *механическое* – повышение содержания механических примесей, свойственное в основном поверхностным видам загрязнений;
- *химическое* – наличие в воде органических и неорганических веществ токсического и нетоксического действия;
- *бактериальное и биологическое* – наличие в воде разнообразных патогенных микроорганизмов, грибов и мелких водорослей;
- *радиоактивное* – присутствие радиоактивных веществ в поверхностных или подземных водах;
- *тепловое* – выпуск в водоемы подогретых вод тепловых и атомных ЭС.

Основными источниками загрязнения и засорения водоемов являются недостаточно очищенные сточные воды промышленных и коммунальных предприятий, крупных животноводческих комплексов, отходы производства при разработке рудных ископаемых; воды шахт, рудников, обработке и сплаве лесоматериалов; сбросы водного и железнодорожного транспорта; отходы первичной обработки льна, пестициды и т.д. Загрязняющие вещества, попадая в природные водоемы, приводят к качественным изменениям воды, которые в основном проявляются в изменении физических свойств воды, в частности, появление неприятных запахов, привкусов и т.д.); в изменении химического состава воды, в частности, появление в ней

вредных веществ, в наличии плавающих веществ на поверхности воды и откладывании их на дне водоемов. Поэтому для правильного подбора оборудования для очистки сточных вод нужно разобраться в характере загрязнения.

Производственные сточные воды загрязнены в основном отходами и выбросами производства. Количественный и качественный состав их разнообразен и зависит от отрасли промышленности, ее технологических процессов. Их делят на две основные группы: содержащие неорганические примеси, в т.ч. и токсические, и содержащие яды.

К *первой группе* относятся сточные воды содовых, сульфатных, азотно-туковых заводов, обогатительных фабрик свинцовых, цинковых, никелевых руд и т.д., в которых содержатся кислоты, щелочи, ионы тяжелых металлов и др. Сточные воды этой группы в основном изменяют физические свойства воды.

Сточные воды *второй группы* сбрасывают нефтеперерабатывающие, нефтехимические заводы, предприятия органического синтеза, коксохимические и др. В стоках содержатся разные нефтепродукты, аммиак, альдегиды, смолы, фенолы и другие вредные вещества. Вредоносное действие сточных вод этой группы заключается главным образом в окислительных процессах, вследствие которых уменьшается содержание в воде кислорода, увеличивается биохимическая потребность в нем, ухудшаются органолептические показатели воды [3].

Нефть и нефтепродукты на современном этапе являются основными загрязнителями внутренних водоемов, вод и морей, Мирового океана. Попадая в водоемы, они создают разные формы загрязнения: плавающую на воде нефтяную пленку, растворенные или эмульгированные в воде нефтепродукты, осевшие на дно тяжелые фракции и т.д. При этом изменяется запах, вкус, окраска, поверхностное натяжение, вязкость воды, уменьшается количество кислорода, появляются вредные органические вещества, вода приобретает токсические свойства и представляет угрозу не только для человека. 12 г нефти делают непригодной для употребления тонну воды.

Довольно вредным загрязнителем промышленных вод является фенол. Он содержится в сточных водах многих нефтехимических предприятий. При этом резко снижаются биологические процессы водоемов, процесс их самоочищения, вода приобретает специфический запах.

На жизнь населения водоемов пагубно влияют сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности. Окисление древесной массы сопровождается поглощением значительного количества кислорода, что приводит к гибели икры, мальков и взрослых рыб. Волокна и другие нерастворимые вещества засоряют воду и ухудшают ее физико-химические свойства. На рыбах и на их корме – беспозвоночных – неблагоприятно отражаются молевые сплавы. Из гниющей древесины и коры выделяются в воду различные дубильные вещества. Смола и другие экстрактивные продукты разлагаются и поглощают много кислорода, вызывая гибель рыбы, особенно молоди и икры. Кроме того, молевые сплавы сильно засоряют реки, а топчак нередко полностью забивает их дно, лишая рыб нерестилищ и кормовых мест.

Атомные электростанции радиоактивными отходами загрязняют реки. Радиоактивные вещества концентрируются мельчайшими планктонными микроорганизмами и рыбой, затем по цепи питания передаются другим животным. Установлено, что радиоактивность планктонных обитателей в тысячи раз выше, чем воды, в которой они живут [4].

Методы очистки сточных вод

Физико-химические методы очистки применяются как самостоятельно, так и в сочетании с механическими, химическими, биологическими методами. При физико-химическом методе обработки из воды удаляются тонкодисперсные и растворенные неорганические примеси; разрушаются органические и плохо окисляемые вещества. Чаще всего из физико-химических методов применяются коагуляция, сорбция, флотация, ионный обмен и т.д. *Коагуляция*. Наибольшее практическое значение для очистки воды имеет процесс коагуляции, который представляет собой укрупнение (слипание) дисперсных частиц в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты. Для очистки гальванических стоков применяют различные минеральные коагулянты:

1. Соли алюминия. Процесс коагуляции солями алюминия рекомендуется проводить при значениях $pH=4,5-8$. В результате применения сульфата алюминия увеличивается степень минерализации воды. По результатам проведенных экспериментов использование оксихлорида алюминия приводит к образованию хорошо структурирующихся и осаждающихся

хлопьев и эффективному осветлению обработанной воды.

2. Соли железа. В водообработке применяют также железосодержащие коагулянты: $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Осуществление процесса коагуляции оптимально при $\text{pH} > 9$. Гидроксид железа – плотные, тяжелые, быстро осаждающиеся хлопья, что является несомненным преимуществом его применения перед солями алюминия: а) лучшее действие при низких температурах; б) более широкая область оптимальных значений pH среды; в) большая прочность и гидравлическая крупность хлопьев; г) возможность использования вод с более широким диапазоном солевого состава.

3. Соли магния. В качестве коагулянтов могут быть использованы: $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Хлорид магния предложено использовать для очистки сточных вод гальванических цехов, загрязненных эмульгированными маслами, при $\text{pH}=11$. Растворимость гидроксида магния в воде при 20 составляет 9 мг/дм^3 , плотность – $2,4 \text{ г/см}^3$. С уменьшением величины pH растворимость гидроксида магния в воде увеличивается. Использование солей магния позволяет сократить продолжительность хлопьеобразования. Снижение температуры очищаемой воды практически не уменьшает эффективности ее очистки.

4. Шламовые отходы и отработанные растворы отдельных производств. В настоящее время из научно-технической и патентной литературы известно, что в технологии очистки гальваносточков применяется реагент, приготовленный из влажного красного шлама глиноземных производств. Данный метод обеспечивает существенное увеличение эффективности очистки при значительном удешевлении процесса и снижении трудозатрат. Известен способ очистки загрязненных вод с использованием активированного алюмината кальция $m\text{CaO} \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3$. Данный коагулянт фактически является в большей степени адсорбентом, что позволяет достичь высокой степени очистки промстоков. Подбор дозы коагулянта может обеспечить требуемый эффект очистки, но в зависимости от многих изменяющихся параметров, эффективность работы аппаратуры, нагрузка на нее, продолжительность фильтроциклов и скорость меняются. Недостаточная эффективность аппаратуры во многом определяется такими недостатками коагулянтов, как медленный

гидролиз и малая скорость хлопьеобразования при малых температурах, недостаточная прочность хлопьев, их разрушение и вынос из аппарата. Флотация является одним из методов удаления из водных растворов нерастворимых примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются. Суть метода основана на том, что при сближении поднимающегося в воде пузырька воздуха с твердой гидрофобной частицей, разделяющая их прослойка воды при некоторой критической толщине прорывается и происходит слипание пузырька с частицей. Затем комплекс «частица-пузырек» поднимается на поверхность воды, где возникает пенный слой. Ионный обмен. Иониты бывают органические и неорганические; это могут быть и вещества природного и искусственного происхождения. Для очистки гальванических стоков предложено использовать ионообменные материалы природного происхождения, при этом найдено, что извлечение наиболее эффективно происходит в щелочной среде (при $\text{pH}=12$). Предлагается упрощенная схема ионообменной очистки воды от солей тяжелых металлов за счет применения натрий катионирования. Однако данный метод очистки воды имеет ряд недостатков: большой расход реагентов для регенерации ионитов и обработки смол, высокая стоимость последних, образование вторичных отходов-элюатов, требующих дополнительной переработки.

Сорбционная очистка представляет собой один из наиболее эффективных методов очистки промышленных загрязненных вод, который позволяет удалять загрязнения различного характера практически до любой остаточной концентрации независимо от их химической устойчивости. Для глубокой очистки гальваносточков широко используется процесс адсорбции – извлечения веществ поверхностью твердого тела под действием силового поля поверхности, эффективность которого, зачастую, зависит от выбора адсорбента. Как правило, в качестве сорбентов используют активные угли, так как последние обладают высокой сорбционной емкостью. Однако, многими исследователями рассматриваются процессы очистки воды от ИТМ с применением отходов различных производств: золы, ферритизированных шламов и т.д. Предлагаемые технологии обеспечивают степень очистки гальванических стоков до 95-99%. Среди методов очистки сточных вод большую роль должен сыграть биологический метод, основанный на использовании закономерностей

биохимического и физиологического самоочищения рек и других водоемов. Есть несколько типов биологических устройств по очистке сточных вод: биофильтры, биологические пруды и аэротенки [5].

В биофильтрах сточные воды пропускаются через слой крупнозернистого материала, покрытого тонкой бактериальной пленкой. Благодаря этой пленке интенсивно протекают процессы биологического окисления. Именно она служит действующим началом в биофильтрах.

В биологических прудах в очистке сточных вод принимают участие все организмы, населяющие водоем.

Аэротенки – огромные резервуары из железобетона (рис.2). Здесь очищающее начало – активный ил из бактерий и микроскопических животных. Все эти живые существа бурно развиваются в аэротенках, чему способствуют органические вещества сточных вод и избыток кислорода, поступающего в сооружение потоком подаваемого воздуха. Бактерии склеиваются в хлопья и выделяют ферменты, минерализующие органические загрязнения. Ил с хлопьями быстро оседает, отделяясь от очищенной воды. Инфузории, жгутиковые, амёбы, колёвратки и другие мельчайшие животные, пожирая бактерии, неслипающиеся в хлопья, омолаживают бактериальную массу ила.

Сточные воды перед биологической очисткой подвергают механической, а после нее для удаления болезнетворных бактерий и химической очистке, хлорированию жидким хлором или хлорной известью. Для дезинфекции используют также другие физико-химические приемы (ультразвук, электролиз, озонирование и др.).

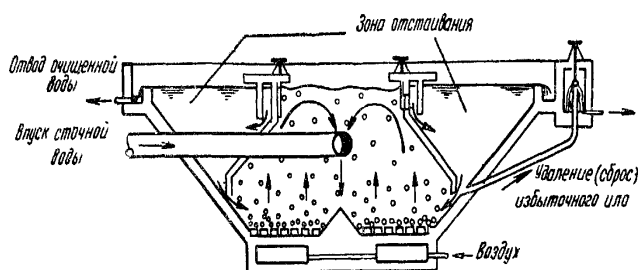


Рис. 2. Единный блок аэротенков

Биологический метод дает большие результаты при очистке коммунально-бытовых стоков. Он применяется также и при очистке отходов предприятий нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, производстве искусственного волокна [6].

Способ очистки с применением гидролизного лигнина

Известен способ очистки поверхности воды от нефти и масляных пятен с применением гидролизного лигнина. Способ включает последовательную обработку поверхности воды гидролизным лигнином и поверхностно-активным веществом (лигносульфонатом натрия, кальция или аммония) в количестве 0,5-1 г/г нефтепродукта.

Основным недостатком способа является низкая сорбционная емкость, которая составляет 1 г нефтепродукта/г сорбента.

Существенным признаком является обработка поверхности воды гидролизным лигнином, взятым в количестве 0,2-0,3 г сорбента/нефтепродукта, причем лигнин предварительно гидрофобизируют нерастворимым сульфатным мылом путем его осаждения из водного раствора в количестве 1% от массы лигнина эквимолекулярным по отношению к мылу количеством алюмокалиевых квасцов.

Поверхность воды обрабатывают абсорбентом, который получают следующим образом: гидролизный лигнин гидрофобизируют нерастворимым мылом. Для этого навеску лигнина диспергируют в горячем водном растворе сульфатного мыла (1 мас. % от массы лигнина), а затем мыло осаждают, добавляя эквимолекулярное по отношению к нему количество алюмокалиевых квасцов ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$). Гидрофобизированный лигнин отделяют от раствора на фильтре, затем сушат до постоянной массы.

Для очистки водных поверхностей от загрязнений нефтепродуктами и иными органическими жидкостями абсорбент равномерно распределяют по загрязненной поверхности в количестве 1/2-1/3 от массы поглощаемого вещества, после чего собирают любым механическим способом. Абсорбент имеет насыпную плотность 0,2-0,25 г/куб.см.

Пример 1. На поверхность воды в широком сосуде (кристаллизаторе) наносят слой органической жидкости толщиной 1 мм, при этом для используемого кристаллизатора органическая жидкость составляет 28 мл. Затем по поверхности воды равномерно распределяют абсорбент (6,6 г), после чего удаляют его механическим способом. Эффективность способа определяют для высоковязкой жидкости - машинного масла.

Пример 2. На поверхность воды в широком сосуде (кристаллизаторе) наносят слой

органической жидкости толщиной 1 мм, при этом для используемого кристаллизатора органическая жидкость составляет 28 мл. Затем по поверхности воды равномерно распределяют абсорбент (11 г), после чего удаляют его механическим способом. Эффективность способа определяют для высоковязкой жидкости - машинного масла.

Пример 3. Для определения сорбционной емкости 6,6 г абсорбента в широком сосуде перемешивают с избытком 50 мл масла машинного М8-Б1, выдерживают 10 мин и извлекают сорбированной жидкостью. Избыток масла удаляют, выложив сорбент на крупноячеистое сито, и выдерживают в течение 3 сут, после чего определяют привес прочно сорбированной жидкости.

Пример 4. Для получения абсорбента с 1%-ным от массы гидролизного лигнина расходом мыла навеску лигнина (20 г) диспергируют в 1л 0,02%-ного раствора сульфатного мыла при температуре 65-70°C, добавляют эквимолекулярное по отношению к мылу количество алюмокалиевых квасцов, что составляет 0,2 г в пересчете на сухое вещество. Смесь интенсивно перемешивают в течении 10-15 мин и на фильтре гидрофобизированный лигнин отделяют от раствора, затем сушат при температуре 40-45°C до постоянной массы. Степень очистки воды полученным сорбентом от масла машинного М8-Б1 составила 67 % (пример 1) при коэффициенте поглощения (пример 3) 3,5-4 г нефтепродукта / г сорбента, при соотношении (пример 2) 2 г нефтепродукта на 1 г сорбента степень очистки воды составляет 97 %.

Таким образом, сорбционная емкость данного сорбента существенно выше, чем у сорбента выбранного в качестве прототипа, так как для примерно тех же значений степени очистки воды коэффициент поглощения у него составляет 1,1-1,2 г/г.

Как следует из представленных данных, очистка поверхности воды с применением абсорбента, полученного методом гидрофобизации гидролизного лигнина нерастворимым мылом, позволяет существенно повысить эффективность сбора органических жидких загрязнений с поверхности воды по сравнению с методом, основанным на последовательном применении гидролизного лигнина и поверхностно-активных веществ за счет увеличения емкости абсорбента примерно в 2 раза. Способ более экономичен за счет применения дешевых реактивов и уменьшения

расхода сорбента для очистки поверхности воды [7].

Заключение

Одним из основных направлений работы по охране водных ресурсов является внедрение новых технологических процессов производства, переход на замкнутые (бессточные) циклы водоснабжения, где очищенные сточные воды не сбрасываются, а многократно используются в технологических процессах. Замкнутые циклы промышленного водоснабжения дадут возможность полностью ликвидировать сбрасываемые сточных вод в поверхностные водоемы, а свежую воду использовать для пополнения безвозвратных потерь.

В химической промышленности намечено более широкое внедрение малоотходных и безотходных технологических процессов, дающих наибольший экологический эффект. Большое внимание уделяется повышению эффективности очистки производственных сточных вод. Так же с помощью отходов производств можно улучшать экологию водоемов, так как вторичное сырье может использоваться как реагент для очистки сточных вод. Одним из примеров использования отходов деревоперерабатывающей промышленности – гидролизного лигнина – является его применение в качестве адсорбента для очистки водоемов от загрязнений нефтепромышленных производств, что также способствует повышению безотходности производства.

Литература

1. Гогина, Е. С. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения / Е. С. Гогина, А. Д. Гуринович, Е. А. Урецкий. – М. : Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2012. – 312 с.
2. Фрог Б.Н. Водоподготовка. Учеб. для вузов / Фрог Б.Н., Первов А.Г., - Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014.-512 с.
3. Материалы научно-технического совещания СЭВ по очистке сточных вод химических производств / ред., З.И. Годин, В.И. Иванов, Е.З. Аграноник, Москва: НИИТЭХИМ, 1962
4. Вольф И.В. Химия и микробиология природных и сточных вод / И.В. Вольф, Н.И. Ткаченко, - Москва: Издательство Ленинградского университета, 1973
5. Драгинский В. Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод [Текст] / В. Л.

- Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Гетманцев. - М. : [б. и.], 2005. - 576 с.
6. Анализ, проектирование технологий и оборудования для очистки сточных вод В.А. Колесников, Н.В. Меньшутина
7. Использование производственных отходов для очистки сточных вод / Н. С. Лупандина [и др.] // Экология и промышленность России. - 2010. - № 5. - С. 38-41.
8. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Разумов Е.Ю., Сафин Р.Г., Данилова Р.В., Кайнов П.А., Оладышкина Н.А., Белякова Е.А. // Способ термической обработки древесины / патент на изобретение RU 2453425 18.01.2011
9. ГОСТ 20907-75. Смолы фенолоформальдегидные жидкие. - М.: Издательство стандартов, 1986.-28 с.
10. Сафин Р.Р., Валеев И.А., Сафин Р.Г. // Математическое моделирование пиролиза древесины при регулировании давления среды // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. - 2005 - № 2. С. 168-173.
11. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Гильмиев Р.Р., Валиев Ф.Г. Снижение расхода энергии на проведение процессов сушки посредством вакуумно-конвективной технологии // Деревообрабатывающая промышленность - 2008. № 5. - С. 22-23.
12. Разумов Е.Ю., Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Аминов Л.И. Экспериментальное исследование физического эффекта обработки древесных отходов ВЧ-плазмой Деревообрабатывающая промышленность. - 2009. - № 1. - С. 24-25.
13. Сафин Р.Р., Хакимзянов И.Ф., Кайнов П.А., Николаев А.Н., Сафина А.В. Обзор современных технологических решений повышения энергоэффективности в процессах сушки пиломатериалов // Вестник Казанского технологического университета. // 2014. Т. 17. № 21. // С. 50-52.
14. Сафин Р.Р., Белякова Е.А. Усовершенствование технологии термомодифицирования древесины VICOS-TMT // Вестник Казанского технологического университета. 2012. - Т. 15. - № 13. - С. 134-136.
15. Разумов Е.Ю., Белякова Е.А., Сафин Р.Р. Математическая модель процесса термомодифицирования древесины труднопропитываемых пород в жидкости // Вестник Казанского технологического университета. - 2011. - № 16. - С. 233-239.
16. Сафин Р.Р., Разумов Е.Ю., Воронин А.Е., Зиятдинов А.Р., Сабиров А.Т. Установка для переработки отходов древесных производств Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2009. - № 5. - С. 82-87.
17. Сафин Р.Р., Сафин Р.Г., Разумов Е.Ю., Тимербаев Н.Ф., Зиятдинова Д.Ф., Валиев Ф.Г., Оладышкина Н.А., Кайнов П.А., Хасаншин Р.Р., Воронин А.Е. // Установка для сушки древесины // патент на изобретение RU 2425306 23.11.2009
18. Сафин Р.Р., Сафин Р.Г., Разумов Е.Ю., Тимербаев Н.Ф., Зиятдинова Д.Ф., Хайрутдинов С.З., Кайнов П.А., Хасаншин Р.Р., Воронин А.Е., Шайхутдинова А.Р. // Способ термообработки древесины // патент на изобретение RU 2422266 14.12.2009.
19. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Разумов Е.Ю. // Промышленная установка по термомодифицированию пиломатериалов в среде топочных газов // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - Т. 16. - № 19. - С. 122-124.
20. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Разумов Е.Ю., Сафин Р.Г., Белякова Е.А., Галяветдинов Н.Р., Кайнов П.А., Оладышкина Н.А. // Способ морения древесины и устройство для его реализации // патент на изобретение RU 2453426 30.12.2010.

©Галяветдинов Н.Р. – к.т.н., доцент кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», cfaby@mail.ru; Павленко О.В. – магистрант кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Химическая технология древесины

УДК 665.3

ЭКСТРАГИРОВАНИЕ ФЛАВОНОИДОВ ИЗ КОРЫ И ЛИСТЬЕВ ИВЫ

Сафина А.В., Арсланова Г.Р., Тимербаев Н.Ф., Зиятдинова Д.Ф.

В настоящее время на лесозаготовительных предприятиях ветви, зелень и кора являются отходами и не имеют полезного применения. Однако в их состав входят множество ценных компонентов (витамины, ферменты, белки, жиры, эфирные масла и др.). На кафедре переработки древесных материалов КНИТУ были проведены исследования по экстрагированию листьев ивы белой (Salix alba) разной измельченности.

Ключевые слова: экстракция, ива белая, листья, кора, флавоноиды.

Currently, logging enterprises branches, foliage and bark are waste and have no useful application. However, they contain a lot of valuable components (vitamins, enzymes, proteins, fats, oils, etc.). The department processed wood materials KNRTU studies were carried out by extraction of leaves of white willow (Salix alba) of different fineness.

Keywords: extraction, willow white, leaves, bark, flavonoids.

Введение

Ива – (лат. *Salix*) – род древесных растений семейства ивовые (*Salicaceae*). Данная порода является широко распространенной в России и насчитывает более нескольких сотен видов. В химический состав ивы входят такие ценные компоненты, как: фенолгликозиды, флавоноиды, дубильные вещества, витамин С и т.д. [3,2]. Ива с давних времен была знаменита своими целебными свойствами и широко применялась в народной медицине как жаропонижающее, противомикробное и противовоспалительное средство. Сочетание противомикробных и противовоспалительных свойств в иве делает её перспективной в комплексном лечении хронического тонзиллита и бронхита, ревматизма, подагры и простудных заболеваниях. Как вяжущее и противовоспалительное препараты ивы находят применение при стоматитах и заболеваниях желудочно-кишечного тракта [1,4]. Так же, из литературных источников известно, что экстракты из ивы могут ингибировать противоопухолевые заболевания [11].

Широко произрастающей на территории Татарстана является вид ивы белой *Salix Alba*. Активными веществами коры ивы белой являются фенолгликозиды, в частности салицин, который берет на себя широкий спектр лечебных действий [6]. Однако помимо салицина, в иве содержится такой полезный компонент, как флавоноиды, которые также

обладают лечебными свойствами. Большое количество флавоноидов содержится в листьях, коре и почках ивы. Наиболее распространенными флавоноидами являются рутин и кверцетин [9,7]. Они ингибируют агрегацию тромбоцитов, уменьшают проницаемость капилляров, улучшая кровообращение, предотвращают образование тромбов, поэтому могут быть использованы для лечения пациентов с риском сердечных приступов и инсультов. Они также являются антиоксидантами и обладают противовоспалительными свойствами, что позволяет им ложиться в основу лекарственных препаратов [8,10]. На сегодняшний день лекарственные препараты на основе растительного сырья набирают популярность в фармацевтической сфере, вытесняя синтетические препараты. Это обуславливается, прежде всего, тем, что лекарственные препараты на основе растительного сырья не оказывают побочного действия на организм человека, и являются эффективным средством для лечения многих заболеваний.

Все вышеперечисленное делает актуальным вопрос по рациональному использованию коры и листьев, а также выделению из них ценных компонентов. Целью работы является проведение процесса экстракции по разработанной схеме, определение выхода флавоноидов в листьях ивы, в зависимости от степени измельченности исходного сырья.

Материалы и методы

В настоящее время существует множество методик выделения ценных компонентов экстракцией. На кафедре ПДМ были проведены исследования по определению содержания флавоноидов в листьях ивы в зависимости от размеров фракций исходного сырья. В качестве исходного сырья использовались листья ивы белой (*Salix alba*), собранные в сентябре в окрестностях г. Казани. В качестве экстрагента использовался этиловый спирт концентрацией 40%.

Эксперимент проводился следующим образом: собранные листья высушивались при комнатной температуре, затем измельчались на различных измельчителях. В результате были получены три партии исходного сырья разных размеров. Первая партия измельчалась на барабанно-ножевой дробилке до размера 0,5-1 мм. Вторая партия измельчалась на молотковой дробилке до размера 3-5 мм. И третья партия измельчалась на резательном станке до размера фракций 5-10 мм.

Процесс экстракции проводился по методу противоточной реперколяции в 5 перколяторах, в качестве экстрагента использовался 40% этиловый спирт в соотношении сырье – экстрагент 1:2,5. Из литературных источников известно, что использование 40%-ого этилового спирта обеспечивает оптимальный выход ценных компонентов [12-17]. Процесс экстракции реализовывался в следующем порядке: в первый перколятор загрузили измельченные листья, залили экстрагентом и настаивали в течение 6 часов. По истечении этого времени из первого перколятора слили вытяжку и залили в предварительно загруженный листьями перколятор № 2. Недостающее количество экстрагента заливали свежим 40% этиловым спиртом. Затем процесс шел по аналогии: вытяжка из второго перколятора являлась экстрагентом для третьего перколятора и т.д. Экстрагент двигался противотоком по перколяторам со свежим сырьем и в большей степени насыщался ценными компонентами. После ввода в работу всех перколяторов отбор всех пяти порций готовой вытяжки производили из пятого перколятора. Затем полученный экстракт отстаивали и фильтровали [18-22]. На следующем этапе очищенный экстракт сгущали в вакуум-выпарном шкафу в течение нескольких часов при температуре 40°C и сушили в вакуум-

сушильном шкафу при постепенном снижении остаточного давления среды. В процессе сушки меняется форма связи экстрагента с флавоноидами, поэтому непрерывное снижение остаточного давления среды в процессе сушки позволяет поддерживать оптимальную скорость удаления экстрагента на всех этапах. Технологическая схема процесса экстракции листьев ивы представлена на рис. 1.

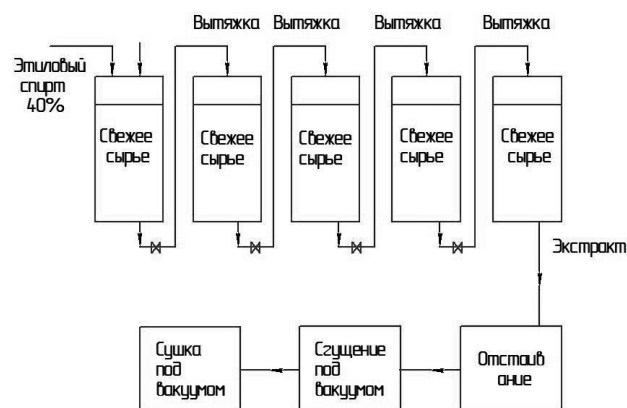


Рис. 1. Технологическая схема процесса экстракции

Результаты и обсуждения

По окончании эксперимента по вышеизложенной методике в сухом экстракте для каждой партии разной степени измельченности исходного сырья определялось содержание флавоноидов. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание флавоноидов в листьях ивы

Партии разной измельченности	Содержание флавоноидов, %
№ 1. (0,5-1 мм.)	1,24
№ 2. (3-5 мм.)	1,19
№ 3. (5-10 мм.)	1,17

Из таблицы 1 видно, что выход флавоноидов меняется в зависимости от степени измельченности. В нашем случае при экстрагировании листьев ивы белой наибольший выход флавоноидов получился в партии №1, с размером фракций 0,5-1 мм. и составил 1,24 %. Исходя из данных результатов, можно сделать вывод, что выход флавоноидов находится в пропорциональной зависимости от степени измельченности листьев ивы [23-24].

Закключение

В результате проведенных экспериментов было определено процентное количество флавоноидов, содержащихся в листьях. А так же определены зависимости их выхода от степени измельченности. По полученным данным можно сделать вывод, что наибольший выход флавоноидов в размере 1,24 % был получен из партии № 1 с размерами фракций исходного сырья 0,5-1 мм.

Литература

1. Галяветдинов, Н. Р. Переработка древесной зелени с последующим получением полезных продуктов / Н. Р. Галяветдинов, А. Е. Воронин // Вестник технологического университета, 2014. – Т. 17. – №15. – 234-236 с.
2. Томчук, Р. И. Древесная зелень и ее использование в народном хозяйстве / Р. И. Томчук, Г. Н. Томчук. М.: Лесная промышленность, 1973.-360 с.
3. Воронин, А. Е. Способы получения полезных продуктов из отходов деревопереработки, преимущественно древесной зелени. / А. Е. Воронин, А. Р. Зиятдинова – М.: Деревообрабатывающая промышленность, 2012. – 32 с.
4. Пономарев, В. Д. Экстрагирование лекарственного сырья. / В. Д. Пономарев - М., «Медицина», 1976, 202 с.
5. Турецкова, В.Ф. Экстракционные препараты из сырья растительного и животного происхождения: уч. пособие. / В. Ф. Турецкова – Барнаул: Изд-во АГМУ, 2007. – 268 с.
6. Репях, С. М. Химия и технология переработки древесной зелени / С. М. Репях, Л. П. Рубчевская. Красноярск: КГТА, 1994.-320 с.
7. Shara M, Stohs SJ Efficacy and Safety of White Willow Bark (*Salix alba*) Extracts / *Phytother. Res.*, pp. 27-31, 2015
8. Barcaccia G., Meneghetti S., Albertini E., Triest L., Lucchin M., Linkage mapping in tetraploid willows: segregation of molecular markers and estimation of linkage phases support an allotetraploid structure for *Salix alba* x *Salix fragilis* interspecific hybrids / Department of Environmental Agronomy and Crop Production, University of Padova, pp. 160, 2003
9. Mirosława Krauze-Baranowska HPLC flavanones and chalcones in different species and clones of *salix* / *Acta Polonicae Pharmaceutica Drug Research*, Vol. 70 No.1 pp. 27-34, 2013
10. Valentine Kefeli, Chris Lininger To chemotaxonomy of willow species / *Advances in Molecular Biology*, № 1, pp. 85-88, 2007
11. Susanne Heiska The yield and cultivation reliability of herbal willow / University of Joensuu, pp. 88, 2007.
12. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Н.Р. Галяветдинов, Ф.Г. Валиев // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология, 12, 104-106, (2008).
13. Р.Р. Сафин, И.А. Валеев, Р.Г. Сафин // Вестн. Москов. гос. унив. леса 2, 168-173, (2005).
14. Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова // Вестн. Казан. технол. унив, 12, 241-245, (2011).
15. Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин, Н.А. Оладышкина, Е.Ю. Разумов, Р.Р. Хасаншин, П.А. Кайнов, И.А. Кузьмин, М.А. Мазохин, А.Р. Шайхутдинова, Т.Н. Ахтямова, А.Е. Воронин // патент на изобретение RUS 2425305 04.03.2010.
16. Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова, Р.А. Халитов, Е.И. Байгильдеева // Вестн. Казан. технол. унив., 3, 131-133, (2012).
17. The influence of the internal structure and dispersity to structural-mechanical properties of oil systems Syunyaev R.Z., Safieva R.Z., Safin R.R. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2000. Т. 26. № 1-4. С. 31-39.
18. Р.Р. Сафин, Н.Ф. Кашапов, А.В. Канарский, Е.Ю. Разумов, Д.А. Ахметова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 3-4, 104-110, (2009).
19. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, П.А. Кайнов // Вестн. Казан. технол. унив., 23, 76-78, (2013).
20. Ю.Н. Зиятдинова, Ф.Г. Валиев, Р.Р. Хасаншин, А.Н. Николаев // Вестн. Казан. технол. унив., 22, 31-35, (2011).
21. Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Сафин, Ф.Г. Валиев, Р.В. Данилова // Вестн. Казан. технол. унив., 7, 64-66 (2012).
22. Р.Р. Сафин, Н.Р. Галяветдинов, Р.Г. Сафин, Р.Р. Хасаншин, И.А. Валеев, Е.Ю. Разумов, П.А. Кайнов, Л.И. Аминов // Патент на изобретение RUS 246 4162 14.02.2011.
23. Р.Р. Хасаншин, Ф.Г. Валиев // *Деревообрабатывающая промышленность*, 4, 27-30 (2012).
24. Н.Р. Галяветдинов, В.А. Лашков, А.Н. Николаев // Вестн. Казан. технол. унив, 20, 112-115 (2011).

©А.В. Сафина – к.т.н., доцент кафедры «Экономика», ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», safin@kstu.ru; Г.Р. Арсланова – магистр кафедры «Переработка древесных материалов», ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», 94arslanovagulshat@mail.ru; Т.Н. Тимербаев – д.т.н., директор научного центра Казанского государственного энергетического университета, srekgeu@gmail.com; Д.Ф. Зиятдинова – к.т.н., профессор кафедры «Переработка древесных материалов», ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Ziatdinova@rambler.ru.

УДК 674.04

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ПУТЕМ ГАЗИФИКАЦИИ

Хахимзянов И.Ф., Козулина Т.С.

Мировой спрос на возобновляемые источники энергии в последние годы сталкивается с инновациями, такими как когенерация электроэнергии и тепла из древесных промышленных отходов и биомассы. Газификация древесины является весьма многообещающей технологией для переработки древесной химической энергии в тепловую и электроэнергию. Новое поколение малых, недорогих и простых установок газификации стали доступными на рынке. Эти системы характеризуются легкостью в эксплуатации и универсальностью в типах используемой биомассы, которая может варьироваться от промышленных отходов (опилок, щепы) до биомассы лесного и не лесного происхождения. В работе анализируется процесс газификации с целью получения электроэнергии по характеристике входной биомассы, пирогазификационному процессу, анализу качества выпускаемого синтез-газа, характеристике остатков в результате процесса (промылочная вода, дым, древесный уголь) и проверке общей эффективности.

Ключевые слова: качество древесины; биомасса; пирогазификация; синтез-газ; выбросы; эффективность (коэффициент полезного действия); Содержание летучих органических веществ.

Global demand for renewable energy in recent years, faced with innovations such as co-generation of electricity and heat from wood industrial waste and biomass. Gasification of wood is very promising technology for the processing of wood chemical energy into electricity and heat. The new generation of small, inexpensive and easy-gasification facilities become available in the market. These systems are characterized by ease of use and versatility in the types of biomass used, which can vary from industrial wastes (sawdust, wood chips) to the biomass of the forest and the forest of origin. In the gasification process is analyzed to obtain the characteristic of the input power for biomass pirogazifikatsionnomu process quality analysis produced synthesis gas residues resulting characterization process (wash water, fumes, charcoal) and checking the overall efficiency.

Keywords: quality of wood; biomass; pirogazifikatsiya; synthesis gas; emissions; effective-ness (efficiency); VOC.

Введение

Мировой спрос на возобновляемые источники энергии в последние годы сталкивается с инновациями, такими как совместное производство электроэнергии и тепла из деревянных промышленных отходов и биомассы. Сжигание и газификация древесины являются основными процессами превращения древесной химической энергии в тепловую энергию [1]. Есть много различий между этими двумя процессами, в частности, с точки зрения сложности используемых технологий,

эффективности, летучих выбросов и воздействия на экосистему [2].

Для обоих процессов выработка электроэнергии легко осуществима, и электрическая энергия может быть использована для обоих на месте (вне сетки т.е. автономно) или на сетке потребления [3]. В последние несколько лет малые пирогазификационные установки стали доступны на рынке. Эти системы имеют умеренную цену, легко доступны и отличаются замечательной простотой использования и технического обслуживания, имеют большую гибкость

(приспособляемость) в типах энергии биомассы, которая может варьироваться от древесной щепы до топлива, полученного из твердых бытовых отходов, а также навоза от домашнего скота [4]. Газификация показывает интересные преимущества по сравнению с другими технологиями [5], в частности, связанными с городскими лесами или городскими и сельскими условиями, где сосуществуют как доступность биомассы, так и энергетические потребности.

Материалы и методы

Содержание влаги входной измельченной древесины (сосна, ель в виде щепы) и биомассы (солома и другие сельскохозяйственные отходы) и побочного продукта биоугля были измерены сушкой в сушильном шкафу при температуре 105 °C (± 2 °C) и взвешиванием, с точностью весов 0,1 г. Массовая доля воды сообщается с отсылкой на древесную влажную массу.

Химические элементы, присутствующие в топливе определяли РФА-спектрометрами (ED-XRF или рентгеновской флуоресцентной дисперсионной энергией).

Процесс пирогазификации контролировался в режиме реального времени через журнал химических параметров, таких как скорость вращения вентилятора (для вдувания и всасывания из реактора), температура и давление камеры газификации и т.д.

В режиме реального времени химический состав полученного синтез-газа был использован для расчета его тепловой способности и, следовательно, для общей эффективности преобразования энергии из биомассы в синтез-газ. Химический состав синтез-газа проводили через синтез-газ анализатор MRU Vario Plus. Точка отбора синтез-газа была между газогенератором и двигателем. Линия анализа газов была отфильтрована удалением примесей через масляный барботер и хлопковые фильтры, и она не нагревалась. Параметры установок и эксплуатационные значения (такие как давление и температура газификатора, текущие процессы, загрузка биомассы, давление во впускном воздухе) были зарегистрированы вместе с химическим составом синтез-газа. Нахождение летучих органических веществ в атмосфере определялось с помощью анализатора фотоионизации, работающего в непрерывном режиме, с усредненными показаниями каждые 10 сек.

Результаты и их обсуждение

Древесные стружки имели изменяющуюся влажность в диапазоне 15-22%. Существует очевидное повышение в стружках (опилках) содержания влаги на глубине отбора проб. Поверхность древесной стружки, очевидно, подвергается воздействию воздуха и сохнет быстрее, чем те, которые размещены в несколько десятках сантиметров в глубине, которые были найдены. Было обнаружено, что биомасса имеет очень высокое содержание влаги (81%), и поэтому процесс сушки требуется до газификации.

Результаты элементно-содержащего анализа древесных опилок и биомассы указали на отсутствие тяжелых металлов. Некоторые меры показали наличие железа, возможно из-за загрязнения древесных опилок от резервуара для хранения или транспортировки. Анализ микроэлементов показал, что никакой озабоченности в связи с нахождением тяжелых металлов, быть не должно и все обнаруженные элементы находятся в нормальной концентрации.

Можно выделить четыре основных этапа работы газогенератора: розжиг, загрузка биомассы, полная мощность, отключение. Речь пойдет о загрузках биомассы на полной мощности и двух фазах, обозначенных как «средние сессии». Во время загрузки биомассы мы имеем отверстие в камере газификации для подачи древесной щепы, запас кислорода и неизбежное падение капель летучих органических веществ. Во время полной фазы (на полной мощности) летучих органических веществ являются довольно стабильными, достигая пика в 4,5 МДж/кг. Анализируя всю сессию в целом (розжиг и выключение питания исключены, чтобы симулировать долгий рабочий период) полученные летучие органические вещества синтез-газа колебались между 1,8 и 4,5 МДж/кг. Синтез-газ анализируемой сессии показал результаты немного ниже, чем в спецификации производства. Тем не менее, главная проблема, которая вызывает падение ЛОВ находится под техническим пересмотром и в будущем будет установлена новая система подачи биомассы.

Выбросы ЛОВ (летучих органических веществ) показали значения со средним и высоким уровнем выбросов концентрации в течение всего периода испытаний, в пределах от 100 до 800 мкг.

Энергоэффективность между биомассой и производством синтез-газа находится на уровне 72%. Эффективность двигателя и фазы генератора составляет 18%,

абсолютный электрический КПД 12%. Общая эффективность пиро-газификационной станции 24%. Подробности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка производительности: синтез-газа и производство электроэнергии из биомассы

Этап газификации	Теплопроизводительность		Энергия производимая в 1ч	Эффективность рассчитываться по дереву на 16% м.с.
	МДж/кг	Вт·ч/кг		
древесина дуба, 16 % м. с	15,1	4,2	252	1(теоретически)
синтез-газ	4,5	1,2	168	0,67
двигатель/генератор (расчетная)	-	-	30	0,18
Общая эффективность электроэнергии на древесине				0,12
теплообменник	-	-	30	0,12
Общая эффективность электроэнергии на древесине				0,24

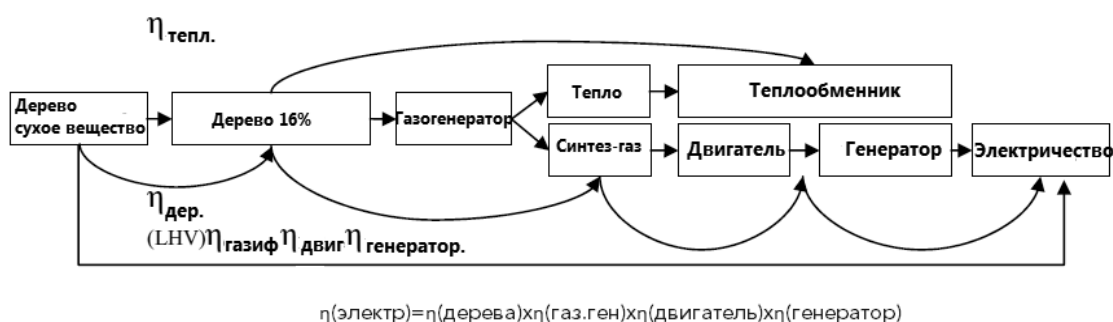


Рис. 1. Схематические шаги газификации и относительные эффективности

Заключение

Характеристика различных видов биомассы по результатам содержания влаги, как правило, подходит для горения/газификации (15-22%). Топливо из биомассы имело очень высокое содержание влаги. Дальнейшая сушка биомассы может существенно улучшить общий КПД газогенератора. Биомасса не показала наличие содержания тяжелых металлов. Удалось

опознать лишь умеренное загрязнение железом, вероятно, это было вызвано транспортировкой или хранением биомассы, но которое не считается опасными для здоровья человека. Теплота сгорания производимого синтез-газа составила 3,5 до 4,5 МДж/кг. Общая эффективность преобразования биомассы в электроэнергию на 12% ниже, чем у других заводов по газификации (Капуто и др. 2005).

Литература

1. Proto, Zimbalatti, Abenavoli, Бернарди и Benalia, 2014
2. Zimbalatti и Прото, 2009; Прото&Zimbalatti, 2015
3. Delfanti, Marucci, Bedini, Gambella, Прету и Галлуччи, 2015
4. Bhattacharya, Мизанур Рахман Siddique и Хоанг-Льонг Фам, 2009; Домбурга&Faaij 2001; Бриджуотер и др., 2002; Senneca, 2007
5. Бриджуотер и др, 2002, Quaакэт. и др., 1999, Басу, 2006
6. <http://www.gse.it/it/Azienda/Missione/Pages/default.aspx>
7. Mathieu&Oubuisson, 2002; Пуч-Amavat, Джоан Кариес и корон, 2010; Дженкинс, Бакстер, Майлз-младший, &Miles, 1998
8. Генри и Паоло Феллини, 2013; Паоло феллин, Генри и Паоло Феллини, 2013 А, Б, В; Паоло феллин, 2014
9. Н.Р. Галяветдинов // Деревообрабатывающая промышленность, 1, 025-027 (2012).
10. Н.Р. Галяветдинов, В.А. Лашков, А.Н. Николаев // Вестн. Казан. технол. унив, 20, 112-115 (2011).
11. Р.Р. Хасаншин, Ф.Г. Валиев // Деревообрабатывающая промышленность, 4, 27-30 (2012).
12. Р.Р. Сафин, Н.Р. Галяветдинов, Р.Г. Сафин, Р.Р. Хасаншин, И.А. Валеев, Е.Ю. Разумов, П.А. Кайнов, Л.И. Аминов // Патент на изобретение RUS 246 4162 14.02.2011.
13. Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Сафин, Ф.Г. Валиев, Р.В. Данилова // Вестн. Казан. технол. унив., 7, 64-66 (2012).
14. Ю.Н. Зиятдинова, Ф.Г. Валиев, Р.Р. Хасаншин, А.Н. Николаев // Вестн. Казан. технол. унив., 22, 31-35, (2011).
15. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, П.А. Кайнов // Вестн. Казан. технол. унив., 23, 76-78, (2013).
16. Р.Р. Сафин, Н.Ф. Кашапов, А.В. Канарский, Е.Ю. Разумов, Д.А. Ахметова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 3-4, 104-110, (2009).
17. The influence of the internal structure and dispersity to structural-mechanical properties of oil systems Syunyaev R.Z., Safieva R.Z., Safin R.R. Journal of Petroleum Science and Engineering. 2000. Т. 26. № 1-4. С. 31-39.
18. The influence of the internal structure and dispersity to structural-mechanical properties of oil systems Syunyaev R.Z., Safieva R.Z., Safin R.R. Journal of Petroleum Science and Engineering. 2000. Т. 26. № 1-4. С. 31-39.
19. Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова, Р.А. Халитов, Е.И. Байгильдеева // Вестн. Казан. технол. унив., 3, 131-133, (2012).
20. Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин, Н.А. Оладышкина, Е.Ю. Разумов, Р.Р. Хасаншин, П.А. Кайнов, И.А. Кузьмин, М.А. Мазохин, А.Р. Шайхутдинова, Т.Н. Ахтямова, А.Е. Воронин // патент на изобретение RUS 2425305 04.03.2010.
21. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Н.Р. Галяветдинов, Ф.Г. Валиев // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология, 12, 104-106, (2008).
22. Р.Р. Сафин, И.А. Валеев, Р.Г. Сафин // Вестн. Москов. гос. унив. леса 2, 168-173, (2005).
23. Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова // Вестн. Казан. технол. унив, 12, 241-245, (2011).

©И.Ф. Хакимзянов – ассистент кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», lshat_170@mail.ru; Т.С. Козулина – магистрант кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

УДК 6774.04

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ РАЗЛАГАЕМЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА, ЗОЛЫ И ГЛУТАРОВОГО АЛЬДЕГИДА

Ахунова Л.В., Корнилова М.В., Гараева А.Ф.

Биодеградируемая композитная пленка из поливинилового спирта (ПВС), армированной летучей золой (ЛЗ) и глутаровым альдегидом была изготовлена с использованием суспензии из этих материалов в деионизированной воде. Было обнаружено, что предел прочности при растяжении и модуль упругости пленок возрастает пропорционально с увеличением ЛЗ до 20% к массе, и достигает максимального результата на 23% выше, чем у ПВС. Процент деформации при разрушении снизился экспоненциально с добавлением ЛЗ. Физические и химические связи в системах (ПВС, ЛЗ и ГА) были охарактеризованы испытаниями на растяжение и изгиб и показаны через структурные пики с помощью ИК-Фурье спектроскопии.

Ключевые слова: биоразлагаемые композиты, летучая зола, глутаральдегид, поливиниловый спирт, предел прочности на разрыв

Biodegradable composite film of polyvinyl alcohol (PVA), reinforced fly ash (FA) and glutaraldehyde was produced using a slurry of the material in deionized water. It was found that the tensile strength and modulus of films increases proportionally with increasing LZ to 20% by weight, and reaches maximum results at 23% higher than that of the PVA. Percentage strain at failure decreased exponentially with the addition of LZ. Physical and chemical communication (PVA, LZ and HA) systems were characterized by tensile test and bending and shown through structural peaks using FTIR spectroscopy.

Keywords: biodegradable composites, fly ash, glutaraldehyde, polyvinyl alcohol, tensile strength

Введение

Механические свойства композита в целом зависят от природы наполнителя, например, размер и распределение, соотношение сторон, объемная доля, и внутренняя адгезия между поверхностями наполнителя и полимером. Идеальное соотношение сторон наполнителя как правило, повышает предел текучести, так как наполнитель способен достичь высокого местного напряжения, передаваемого от полимерной матрицы. Формирование и развитие сильных межфазных взаимодействий позволяет спроектировать прочные виды композиционных материалов. Функционализированные полимеры являются перспективными материалы в изготовлении композитов так как они способны максимизировать взаимодействие между наполнителем и полимером [1-3].

Поливиниловый спирт (ПВС), представляет собой биоразлагаемый и водорастворимый полимер, используемый при изготовлении экологических соединенных композитов с вариантом наполнителей - сахарный тростник, крахмал, глина, углеродные нанотрубки, древесная пыль, цемент, органо-керамика и TiO₂. ПВС и его композиты имеют потенциал в различных промышленных применениях, например, в текстильной промышленности для

проклейки и отделки, покрытия, адгезивы, эмульгаторы, коллоидные стабилизаторы, пленки для упаковки в пищевой промышленности и оптически-голографическая промышленная. [4-7].

Летучая зола (ЛЗ) является прекрасным порошкообразным твердым веществом и генерируется в огромных количествах в качестве побочного продукта в электростанциях при сжигании угля. Хранение и взаимодействие с ЛЗ являются сложным и важным вопросом о воздействии на окружающую среду. Химический состав ЛЗ является смесь оксидов, в основном из кремния и алюминия, в том числе небольшой процент кальция, магния, калия, натрия и титана, в зависимости от условия обработки. Стали известны исследования по переработке и повторному использованию ЛЗ в качестве наполнителя в «зеленых» и экологически чистых композитных изделиях с металлом и полимерами, таких как полистирол, полипропилен (ПП), и ПВС. Предел прочности при растяжении ПП и ЛЗ композиционных материалов резко уменьшилось с добавлением ЛЗ.

Недавно стало известно, что у ЛЗ-армированных композиционных пленок с ПВС в три раза выше механическая прочность, изготовленных из 20%-ПВС с ЛЗ. Анализ ИК- и СЭМ-спектроскопий показывает, что тем

сильней стороны композитных пленок, чем большей формирования взаимодействия между ПВС и ЛЗ на физической границе раздела фаз. Пленки не показали каких-либо химического склеивания из двоичной системы ПВА и ЛЗ. Целью данного исследования является изучить образование химического склеивания с ГА и влияние ГА на механическую прочность при исходной системе ПВС-ЛЗ, для лучшего понимания и изготовления химической соединенной пленки из композиционного материала. Катализируемого кислотой, ГА выбран в этом исследовании из результатов, представленных для превращения ПВС в гликоль-комплексы в водных средах с использованием глутаральдегида (ГА), в том числе глиоксолом, терефталевого альдегида, и борной кислоты. Совмещенные пленки ПВС и крахмал с ГА, которые можно рассматривать для индивидуальных применений наших композиционных материалов [8-12].

Экспериментальная часть

Материалы: ЛЗ, ПВС (гидролиз приблизительно 89%), И ГА (25% содержание в воде) и использовали в полученном виде.

Получение комбинированных композитных пленок

ПВС растворяют в деионизированной воде при 80°C с получением 1,2% раствора. Добавляют частицы ЛЗ и обрабатывают ультразвуком (ультразвуковой очиститель, частота – 50 МГц) в течение 5 мин при различных концентрациях 5, 10, 15, 20, и 25% к весу с последовательным добавлением водного раствора 1N HCl и ГА (1 или 5 % от массы). Полученную в результате суспензию отливают на стеклянную чашку Петри, и пузырьки удаляют путем встряхивания и продувки воздухом. Чашку Петри выдерживают при комнатной температуре до тех пор, пока суспензия не станет высушенной.

Пленка была очищена, и осушена в сушильном шкафу при температуре 60 °C под вакуумом в течение 6 час. Толщина пленок составляет 0.05-0.07mm. Толщина пленки находится под контролем добавляемого количества материалов и диаметра размеров 10 см чашки Петри. Общее количество материала для композиционных пленок в 400 мг – 25 мл дистиллированной воды. Количество для композитной пленки (i) стало 50 μ мл 1N HCl и 0,50 мл 1%-ного раствора ГА (5 мг), количество

для пленки (ii) стало 50 мл 1N HCl и 0,50 мл 5% гамма-линоленовой кислоты раствора (25 мг), для использования в изготовлении пленок.

Тестирование и анализирование приборов

Механические свойства, такие как предел прочности на разрыв, деформация, и модуль упругости определяется по результатам испытаний на растяжение с использованием универсальной электромеханической машиной Инстрон 1185 с движением ползуна 50 мм/мин. Были подготовлены образцы (длина 22 мм, ширина 5 мм, а толщина 0,05 мм). Пять образцов были испытаны в каждой категории, и результаты считаются средними значениями. Значения модуля были вычислены из линейных участков кривых напряженно-деформированного состояния экстензометром.

С помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), провели проверки морфологии ЛЗ и композитов. Электрически непроводящие поверхности ЛЗ и композиционных материалов (при растяжении пленок - ломаются) были покрыты хромом разбрызгивающим устройством, с помощью двух циклов нанесения покрытия с целью улучшения проводимости покрытия. Топографии поверхности композитных пленок исследовалась методом атомно-силовой микроскопии (АСМ), цифровым измерительным прибором в контактном режиме. Поддерживающие зонды в контактном режиме устанавливаются с низким пружинным эффектом (<1N/м) чтобы минимизировать усилие между зондом и поверхностью образца во время формирования изображения. Цифровой нитрид кремния зонд с 0.58N/м с кантилевром используется в атомно-силовой микроскопии. Характеристики зонда: постоянная константа 0,58, 0,32, 0.12, 0.06N/м, номинальный радиус кривизны кончика > 10 нм, длина консоли 100 и 200 мм, высота 2,5-3,5 мм, конфигурация консоли – треугольная форма, светоотражающие золотое покрытие, с углами 35° с каждой стороны, 35° передние, 35° задние.

Композиты были изучены под ИК-Фурье спектроскопом (NEXUS-870, Thermo Nicolet Corporation). Цифры для измерения ИК-Фурье: детектора, МСТ/А; основание – сплиттер; окно – алмаз; скорость, 0,6329; диафрагмы – 100; разрешение – 2 cm^{-1} ; сканирования – 64 [3].

Результаты исследований

Мы провели механистическое исследование бинарного композита системы ПВС и ЛЗ. Композиты показали резкое усиление механической прочности по сравнению с ПВС. Матрица ПВС обычно имеет высокий потенциал формирования внутри- и межмолекулярных связей между физической -ОН групп. При наличии ЛЗ, существование -ОН групп на поверхность частицы принимают участие в формировании физической связи между ПВС и ЛЗ. Степень связывания соответствует прочности композитов. Схема была показана для формирования физической связи между ПВС и ЛЗ. Кривые отношения напряженно-деформированного состояния ПВС и композитов с 20% ЛЗ, представлены на рис. 1, чтобы показать влияние ГА на механическую прочность композитов [13-15].

Добавление ЛЗ в ПВС повышает предел прочности при растяжении и пропорциональное увеличение не наблюдается до 20% от массы. Дальнейшее добавление до 25 % к массе приводит к уменьшению прочности на разрыв пленки. Данное явление независимо от концентрации ГА, хотя предел прочности на разрыв пленок 5% ГА показали более высокие значения, чем те, которые пленки с 1% ГА. Устойчивость при выходе из строя показывает снижение с добавлением ЛЗ. Сферические частицы ЛЗ снижает прочность на разрыв в композите ПП при комнатной температуре. От неполярного ПП не стоит ожидать, чтобы сформировать физические и химические и/или межфазные взаимодействия к полярной поверхности ЛЗ [16-18].

Формирование межфазных взаимодействий между двумя различными компонентами в полимерной композиции играют значительную роль в улучшении механической прочности по сравнению с полимером простым.

Скомбинированные композитные пленки показали более низкие показатели прочности, чем прочность на разрыв некомбинированных пленок. Комбинированные пленки могут иметь значительный уровень пористости из-за пробелов в структуре ЛЗ и ПВС, для селективной химической реакции [19-22].

Пустоты не в состоянии передавать нагрузку, который передает общий стресс с последующим распространением и разрушением.

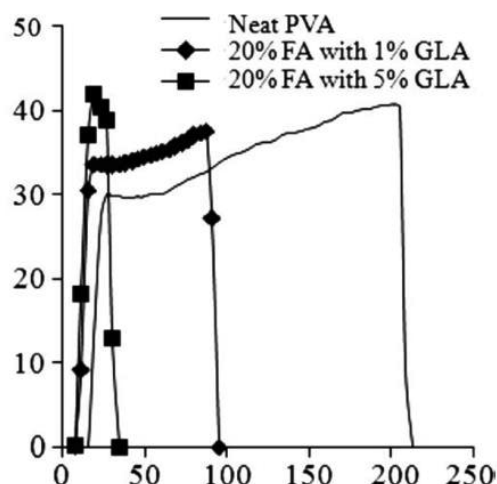


Рис. 1. Отношение напряженно-деформационного состояния (ось абсцисс – напряжение, %, ось ординат – напряжение при растяжении, МПа)

На рис. 2 показано соотношение предела прочности при растяжении композиционных пленок в зависимости от ЛЗ. Сильные стороны пленок на разрыв пропорционально увеличивается с ЛЗ, независимо от наличия концентраций ГА. Чем выше концентрация (5%), тем больше дает более высокую прочность пленки из-за наличия более высокого уровня сшивающего компонента, хотя уровень насыщения выше 5% ГА у ПВС-ЛЗ не был исследован. Причина заключается в том, что образцы с более высокой концентрацией ГА показывают плохие показатели хрупкости и не представляется возможным испытать предел прочности на разрыв.

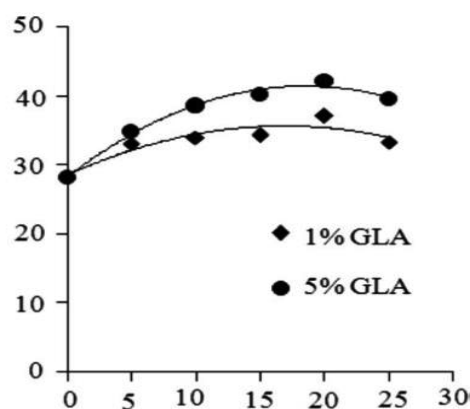


Рис. 2. Соотношение предела прочности при растяжении композиционных пленок в зависимости от ЛЗ (ось абсцисс – летучая зола, %, ось ординат – напряжение при прочности, МПа)

Напряжение при выходе из строя пропорционально уменьшается с увеличением ЛЗ за счет более высокой степени взаимодействия на границе раздела фаз, которое ограничивает подвижность ПВС как показано

на рис.3. Например, напряжение при выходе показывает 86% в случае с 1% гамма-линоленовой кислотой и с 25%-ым ЛЗ, в то время как он показывает только 23%, в случае с 5% ГА, что указывает в 4 раза более низкую нагрузку и высокую хрупкость. Оптимальные концентрации ограничены в пределах 1-5% в производстве всех составных систем с ПВС и ЛЗ. Процент увеличения модуля также увеличивается с долей ЛЗ до 20% от массы.

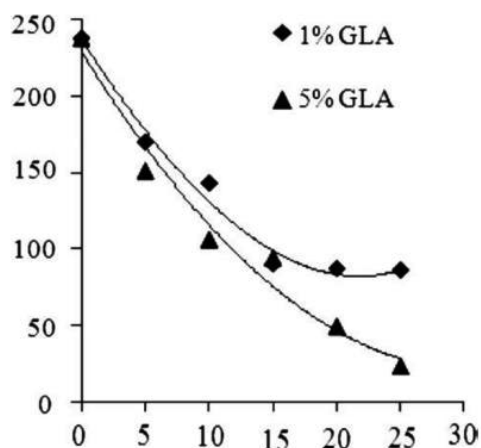
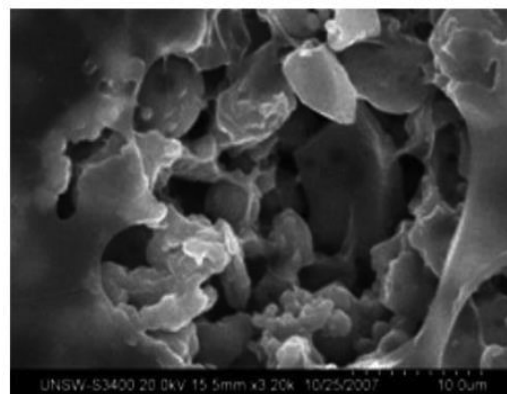


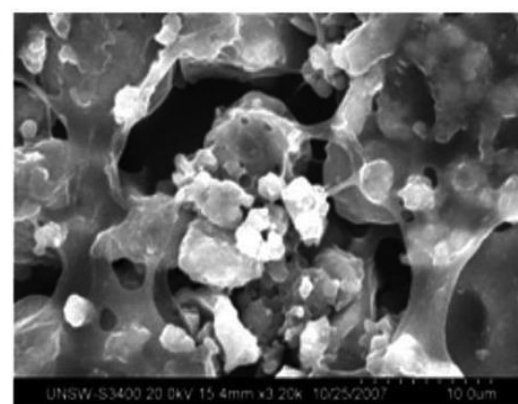
Рис. 3. Уменьшение напряжения с увеличением ЛЗ (ось абсцисс – летучая зола, %, ось ординат – напряжение при прочности, %)

Морфология композитных пленок

Морфологические формы поведения композиционных материалов с использованием изображений СЭМ треснутых пленок и репрезентативных изображений 20% от массы ЛЗ с 1 и до 5% ГА были показаны на рис. 4. При отсутствии ГА и распределенной ЛЗ были полностью покрыты ПВС с хорошим соединением. Вся область в СЭМ-изображении показывает эффективную оболочку ЛЗ в композитах, и почти не наблюдаются интерстициальные пустоты. Мост позволяет передавать напряжение плавно между ЛЗ и ПВС под нагрузкой в механическом испытании. В отсутствие интерстициальных пустот, композиты имеют меньше способности создавать стресс, который в основном отвечает за трещины инициирования распространения, разлома. В терминах поведения удлинения, во взаимосвязности сильно ограничивает подвижность сегментных цепей полимера и приводит к снижению удлинения по сравнению с ровной матрицей. Композитные материалы поэтому показали наиболее высокую прочность на разрыв и более низкое относительное удлинение.



(а)



(б)

Рис. 4. СЭМ-изображения композиционных пленок: (а) 20% от массы с 1% ГА, (б) 20% от массы с 5% ГА

В присутствии ГА, некоторые интерстициальные пустоты в материалах наблюдаются в СЭМ-изображениях. Междоузельные пустоты могут исходить от селективной химической реакции -СНО и -ОН с образованием ацетал колец и простых эфирных связей. Громоздкие ацетал кольца могут сохранить пространство, что тормозит тесный контакт ПВС и ЛЗ. В результате промежуточных пустот появляются стресс, который берет на себя ответственность за более низкий предел прочности комбинированных композитов по сравнению с простыми пленками.

Топография поверхности материалов с и без ГА было просканировано с помощью АСМ-спектроскопии. Расчетные данные на изображениях (размер: 15*15 мм) в таблице 1. Определена топография поверхности материалов, средняя шероховатость (R_a), максимальная шероховатость (R_{max}), и среднеквадратичный корень. Среднее значение и максимальное значение шероховатости поверхности в случае простых пленок был

установлен, 425,4 нм и 2,4 мкм, соответственно, хотя морфологические особенности частиц ЛЗ не стабильны. Средняя шероховатость поверхности была увеличена на 10,7% после химического взаимодействия с ГА. Результат

реакции комбинирования повышенная пористость с образованием промежуточных пустот. Этот результат согласуется с СЭМ-спектроскопией и механическим испытанием.

Таблица 1 – Расчетные данные АСМ-спектроскопии

Образцы	Средняя шероховатость, R_a (нм)	Максимальная шероховатость, R_{max} (мкм)	Среднеквадратичный корень, R_{ms} (нм)
ПВС+20%ЛЗ	425,4	2,4	502,1
ПВС+20%ЛЗ+1%ГА	471,1	3,2	610,5
ПВС+20%ЛЗ+5%ГА	471,2	3,3	612,5

Характеристика композитных пленок

Структурные особенности ПВС и композитов характеризуются ИК-Фурье спектроскопией в области ($800-1800\text{ см}^{-1}$) и показаны на рис. 5. Выбранные вершины становятся известны на основе ранее проведенных исследований и отображаются в табл. 2.

Широкая полоса поглощения с центром при 3298 см^{-1} , отражает комбинацию -ОН групп в ПВС и следы адсорбированной воды. Известные полосы поглощения при 3298 см^{-1} из -ОН групп на растяжение, 2924 и 2875 см^{-1} из С-Н групп на растяжение, 1732 см^{-1} С=О групп на растяжение, 1419 см^{-1} и 1375 см^{-1} из -СН/-ОН групп на изгиб, и 1080 см^{-1} из С-О-Н групп на растяжение наблюдались в ПВС матрице. Все пики ПВС с комбинированной структурой композита значительно сдвинуты, чтобы снизить волновое число наряду с более низкой интенсивностью. Комбинированные свойства композитов ПВС с гидроксилпатитом характеризовались набуханием в воде. Набухание по отношению ПВС к НА композитного гидрогеля достигают до устойчивых значений и набухание при равновесии состояния после 45 дней погружения. Испытание на набухание комбинированных композитов ПВС и крахмала с ГА также исследовались в воде, в 5% уксусной кислоте, в 50% этаноле, и подсолнечном масле. Результаты показали сопротивление композитов с увеличением добавления крахмала. Поэтому они

характеризуются структурной конфигурацией в комбинированной реакции со спектрами ИК-Фурье, а не в исследовании набухания.

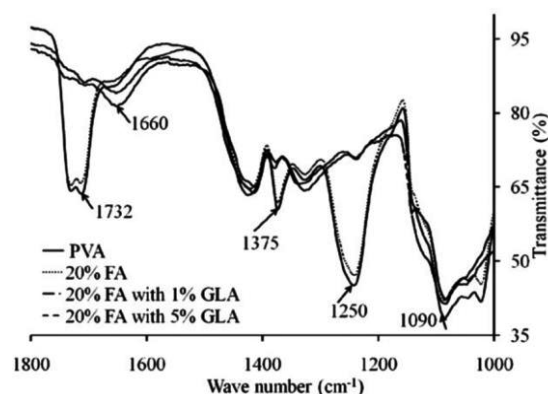


Рис. 5. Структурные особенности ПВС и композитов (ось абсцисс – волновое число, см^{-1} , ось ординат – прозрачность, %)

Уменьшение интенсивности и волнового числа функциональных групп в ПВС композитов по сравнению с ПВС, решительно поддерживают межмолекулярные и внутримолекулярное образования водородных связей между ЛЗ и ПВС. Поглощение полос в диапазонах $1090-1150\text{ см}^{-1}$, показывает карбоксильную группу, простирающуюся в С-О группе в ПВС, отражающую интро/межмолекулярное физические соединения. Следуя за этой связью между ПВС и ЛЗ может произойти: а) склеивание между группой С=О в ПВС цепей и группы -ОН на поверхности частиц ЛЗ; б) связывание между группой -ОН в ПВС и группы SiO на поверхности ЛЗ.

Таблица 2 – Значение пиков структурных групп

Образцы	Позиции пиков структурных групп в (см ⁻¹)						
	O-H str	C-H str/ben d	C=O str	C-H ben d	O-H ben d	C-O-C str	C-O H str
ПВС	3298	2924/2875	1732	1419	1375	1250	1090
ПВС+20%ЛЗ+ГА	3271	2900/2879	1662	1412	1383	1244	1090

Образование водородных связей частично за счет высокомолекулярных частицы ЛЗ в сегменте ПВС. Таким образом, ограничение подвижности матрицы ПВС привело к снижению пластичности под нагрузкой и распределении нагрузки между ЛЗ и ПВС. Пики поглощения при 1732, 1375 и 1250 см⁻¹ в ПВС были заменены новыми показателями при 1662 и 1385 см⁻¹, из-за образования новых химических связей с присутствием ГА. Характерный пик при 1720 см⁻¹ для ГА не появился в комбинированном композитном материале, указывающие на то, что -ОН группы га конвертированы для ацеталевых колец, что показывает появления показателя при 1385 см⁻¹.

Пик поглощения при 1385 см⁻¹ также показывает наличие эфирных связей в тройных системах: ПВС-ЛЗ-ГА; также ниже кратко изложено химические реакции протекающие в связях групп: а) реакция -ОН группы в ПВС и -СНО группы в одной стороне ГА; б) реакция между группой -ОН на поверхности частиц ЛЗ и группы -СНО в противоположной стороне ГА; в) реакция между группами -ОН на поверхности ЛЗ и -СНО группы по обе стороны ГА; г) реакция между группами -ОН в ПВС и -СНО группами по обе стороны ГА; д) взаимодействие между группами -ОН на поверхности ЛЗ и -ОН группы в ПВС. Все возможные реакции имеют сильные химические соединения между ПВС и частицами ЛЗ с ГА. Подвижность цепей ПВС будет строго ограничено под нагрузкой в испытании механической нагрузкой.

Заключение

Ключевыми моменты исследования изготовления ПВС композита с ЛЗ и ГА приведены ниже: а) предел прочности композитных пленок обнаружен с увеличением доли с ЛЗ до 20% от массы и достиг максимума 49%, что показывает более высокую прочность, чем у ПВС. Модуль композитов также увеличивается с ЛЗ и достигает максимального

123% к 20%-ному ЛЗ, в то время как процент деформации при разрыве уменьшилась в геометрической прогрессии; б) скомбинированные в тройные системы матрицы образуют ацеталь кольцо с эфирной связью и построенное мостовидное соединение, которые можно наблюдать на СЭМ-изображениях; в) комбинирование увеличивает средний показатель шероховатости поверхности на 10,7% по сравнению с простыми композитами.

Литература

1. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Разумов Е.Ю., Сафин Р.Г., Данилова Р.В., Кайнов П.А., Оладышкина Н.А., Белякова Е.А. // Способ термической обработки древесины / патент на изобретение RU 2453425 18.01.2011
2. ГОСТ 20907-75. Смолы фенолоформальдегидные жидкие. – М.: Издательство стандартов, 1986.-28 с.
3. Сафин Р.Р., Валеев И.А., Сафин Р.Г. // Математическое моделирование пиролиза древесины при регулировании давления среды // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2005 - № 2. С. 168-173.
4. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Гильмиев Р.Р., Валиев Ф.Г. Снижение расхода энергии на проведение процессов сушки посредством вакуумно-конвективной технологии // Деревообрабатывающая промышленность - 2008. № 5. - С. 22-23.
5. Разумов Е.Ю., Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Аминов Л.И. Экспериментальное исследование физического эффекта обработки древесных отходов ВЧ-плазмой Деревообрабатывающая промышленность. - 2009. - № 1. - С. 24-25.
6. Сафин Р.Р., Хакимзянов И.Ф., Кайнов П.А., Николаев А.Н., Сафина А.В. Обзор современных технологических решений повышения энергоэффективности в процессах сушки пиломатериалов // Вестник Казанского

- технологического университета. // 2014. Т. 17. № 21. // С. 50-52.
7. Сафин Р.Р., Белякова Е.А. Усовершенствование технологии термомодифицирования древесины BICOS-TMT // Вестник Казанского технологического университета. 2012. - Т. 15. - № 13. - С. 134-136.
8. Разумов Е.Ю., Белякова Е.А., Сафин Р.Р. Математическая модель процесса термомодифицирования древесины труднопропитываемых пород в жидкости // Вестник Казанского технологического университета. - 2011. - № 16. - С. 233-239.
9. Сафин Р.Р., Разумов Е.Ю., Воронин А.Е., Зиятдинов А.Р., Сабиров А.Т. Установка для переработки отходов древесных производств Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2009. - № 5. - С. 82-87.
10. Сафин Р.Р., Сафин Р.Г., Разумов Е.Ю., Тимербаев Н.Ф., Зиятдинова Д.Ф., Валиев Ф.Г., Оладышкина Н.А., Кайнов П.А., Хасаншин Р.Р., Воронин А.Е. // Установка для сушки древесины // патент на изобретение RUS 2425306 23.11.2009
11. Сафин Р.Р., Сафин Р.Г., Разумов Е.Ю., Тимербаев Н.Ф., Зиятдинова Д.Ф., Хайрутдинов С.З., Кайнов П.А., Хасаншин Р.Р., Воронин А.Е., Шайхутдинова А.Р. // Способ термообработки древесины // патент на изобретение RUS 2422266 14.12.2009.
12. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Разумов Е.Ю. // Промышленная установка по термомодифицированию пиломатериалов в среде топочных газов // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - Т. 16. - № 19. - С. 122-124.
13. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Разумов Е.Ю., Сафин Р.Г., Белякова Е.А., Галяветдинов Н.Р., Кайнов П.А., Оладышкина Н.А. // Способ морения древесины и устройство для его реализации // патент на изобретение RUS 2453426 30.12.2010
14. Тимербаев Н.Ф., Зиятдинова Д.Ф., Сафин Р.Р., Садрутдинов А.Р., Сафин Р.Г., Кузьмин И.А., Разумов Е.Ю., Миндубаев Р.Р. // Установка для термической переработки твердых отходов // патент на изобретение RUS 2400671 09.04.2009
15. Разумов Е.Ю., Сафин Р.Р., Белякова Е.А. Математическая модель процессов, протекающих при морении древесины труднопропитываемых пород // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2012. - Т. 1. - № 2 (64). - С. 80-86.
16. Сафин Р.Р., Воронин А.Е., Сафин Р.Г., Разумов Е.Ю., Воронин Е.К., Кайнов П.А., Зиятдинова Д.Ф., Тимербаев Н.Ф. // Способ комплексной переработки древесной зелени // патент на изобретение RUS 2404238 09.04.2009.
17. Разумов Е.Ю., Сафин Р.Р., Белякова Е.А. // Математическая модель процессов, протекающих при морении древесины труднопропитываемых пород // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2012. Т. 1. № 2 (64). С. 80-86.
18. Сафин Р.Р., Назипова Ф.В., Хазиева Д.Р. // Современные методы сушки пиломатериалов // Деревообрабатывающая промышленность. 2013. № 4. С. 23-28.
19. Сафин Р.Р., Валеев И.А., Сафин Р.Г. // Экспериментальное исследование влияния давления при пиролизе древесины // Вестник Казанского технологического университета. 2004. № 1. С. 256-260.
20. Сафин Р.Р., Галяветдинов Н.Р., Гараева А.Ф. // Влияние высокотемпературной обработки на химический состав древесного наполнителя // Деревообрабатывающая промышленность. 2016. № 1. С. 50-55.
21. Сафин Р.Р., Гараева А.Ф., Ахметов А.И. // Повышение экономической эффективности фанерных предприятий / В сборнике: Актуальные вопросы развития современного общества / сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции. 2016. С. 266-268.
22. Гараева А.Ф., Сафин Р.Р. Перспективное направление в области упаковки // В сборнике: Наука вчера, сегодня, завтра: теория и практика материалы II Международного электронного симпозиума. НОУ ВПО «Университет Российской академии образования»; Научно-издательский центр «Инноватика». 2016. С. 99-107.

©**Л.В.Ахунова** – ассистент кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», liliyaard3234@mail.ru; **М.В. Корнилова** – магистрант кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»; **А.Ф. Гараева** – ассистент кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», chebesh@bk.ru.

Итоги 16-й Международной выставки «ЛЕСДРЕВМАШ-2016»

С 24 по 27 октября 2016 года в Москве в Центральном выставочном комплексе «Экспоцентр» успешно прошел крупнейший смотр деревообрабатывающей индустрии – 16-я международная выставка «Машины, оборудование и технологии для лесозаготовительной, деревообрабатывающей и мебельной промышленности – «Лесдревмаш-2016», на которой в этом году была представлена продукция 423 компаний из 28 стран.



Национальные экспозиции на выставке представили Германия, Италия, Испания, Китай, Россия, Финляндия, Франция. Впервые на государственном уровне участвовали компании Японии. Японская ассоциация производителей деревообрабатывающего оборудования JWMA при поддержке Министерства экономики и торговли Японии представила 17 ведущих производителей новейших технологий для лесопромышленного комплекса. Современные решения для деревообработки экспонировали такие известные производители как Fuji, Hirota Corporation, Kanefusa Corporation, Kikukawa Enterprise, Kitagawa Engineering, OI Seisakusho, Suzuko, Yamamoto Vinita и ряд других.

Свои разработки продемонстрировали такие мировые гиганты лесного машиностроения, как Biesse, SCM, Cefla, Wagner, Griggio, Freud, Koimpex, Imal, Coima, Homag, Weing, Siempelkamp, Ima, Imawell, Hartmann, Dieffenbacher, Sandvik, Wintersteiger, Felder, Ledinek, Polytechnik, Camozzi, Komatsu, Palfinger, Ponsse, Amitec Corporation, Eno Sangyo Co., Ltd., Fuji Kogyo Co., Ltd., Fuji Seisakusho, Ltd., Hashimoto, Tenryu Saw Mfg. Co., Ltd., KDT Machinery Ltd., Tajfun и другие.

Много внимания было приковано к стенду компании Valutec. Ведь гости выставки могли самым настоящим образом совершить тур в сушильную камеру, установленную на деревообрабатывающем заводе SCA Timber, в шведском городе Боллста. Прогулку в 10-зонной сушильной камере можно было осуществить, надев очки виртуальной реальности. При этом, следует отметить, что компания Valutec вышла на российский рынок с несколько нетрадиционным в последние годы для нашей страны предложением: компания реализует сушильные камеры непрерывного действия. Уникальность данного предложения заключается в возможности высококачественной сушки пиломатериалов до конечной влажности 8%. Причем важной особенностью компании является указание конечных качественных характеристик высушенного в камерах Valutec пиломатериала в условиях договора. Достигаются подобные результаты за счет конструктивных особенностей, а именно: 3-зонного секционирования сушильного пространства камеры и создания вертикально-поперечной циркуляции агента сушки. Таким образом в разных зонах сушильной камеры создаются различные температурно-влажностные характеристики сушильного агента: первые две ступени обеспечивают сушку пиломатериала до конечной влажности, а последняя ступень осуществляет кондиционирование материала, где недосушенная древесина досыхает, а пересушенная - несколько увлажняется, что, в конечном счете, и позволяет достичь высокого качества высушиваемого материала. Кроме того, компания предлагает несколько незаслуженно забытые в нашей стране традиционные одно- и двухзонные сушильные камеры непрерывного действия, которые обеспечивают сушку пиломатериала при низком энергопотреблении до конечной влажности 12-18%. Не менее радостная новость, о которой не стихали разговоры на стенде компании – новая крупная сделка Valutec с «Лесозаводом 25». Незадолго до выставки Valutec стал победителем тендера на поставку 17 сушильных камер компании «Лесозавод 25» в Архангельске, строящей принципиально новое лесопильное предприятие. Общая стоимость заказа составила около 300 миллионов рублей.

Последние достижения лесного комплекса России представили также 250 отечественных компаний, в их числе «КАМИ», «Интервесп», «МДМ-Техно», «Лига», «Лидтех», «ЛТТ», «Кронекс», «СФТехнологии», «Автоматика Вектор», «Бакаут», Завод «Термит», «Тигрупп», «Атласмаш», Завод «Пролетарская свобода», Боровичский завод деревообрабатывающих станков, Белгородский абразивный завод, Майкопский машиностроительный завод, ГК «Тайга» и многие другие.

В рамках выставки Союз «Агентство развития профессиональных сообществ и рабочих кадров «Ворлдскиллс Россия» провел отраслевой чемпионат World Skills Russia по деревообработке «Молодые

профессионалы», в котором приняли участие специалисты от 16 до 22 лет. Они соревновались в номинациях «Столярное дело», «Краснодеревщик», «Плотницкое дело», «Деревообработка на станках ЧПУ». Участники, показавшие лучшие результаты, вошли в расширенный состав Национальной сборной России и представят нашу страну на чемпионате мира в Абу-Даби (ОАЭ) в 2017 году.

Центральным событием деловой программы выставки «Лесдревмаш-2016» стал VIII Международный форум «Лес и человек», организованный Союзом лесопромышленников и лесозэкспортеров России, Торгово-промышленной палатой РФ, Федеральным агентством лесного хозяйства, АО «Экспоцентр» и ОАО «Центрлесэкспо». Форум «Лес и человек» проходил под девизом «Инвестиции в инновационное развитие и экологию».

На форуме выступали заместитель Министра промышленности и торговли РФ Виктор Еvtухов, Президент компании Strategy Partners Group Александр Идрисов, заместитель руководителя Рослесхоза Александр Панфилов, Президент Союза лесопромышленников и лесозэкспортеров России Мирон Тацон, депутат Бундестага ФРГ Георг Ширмбек. В работе форума также приняли участие руководители и специалисты от Всемирного банка, ФАО ООН, Европейской ассоциации лесопромышленников, национальных отраслевых ассоциаций стран Европы, Азии, Северной и Южной Америки.



В рамках форума помимо пленарного заседания состоялось около двадцати мероприятий: тематические секции, круглые столы, семинары, конференции. Тематика вопросов, обсуждаемых на форуме, отразила все спектры развития лесного комплекса нашей страны. Особое внимание на форуме было уделено инвестиционному климату в России, экологическим аспектам развития лесного сектора, совершенствованию правоприменения и управления в лесном секторе, основным направлениям и тенденциям развития лесного машиностроения, тенденциям развития науки и образования в лесном секторе экономики и другим актуальным проблемам отечественного лесного комплекса.

Большой интерес у специалистов отрасли вызвала международная конференция «Биоэнергетика: pellets, брикеты, щепа, котельные и ТЭЦ на биотопливе», где приняли участие крупнейшие энергетические концерны Европы, ведущие специалисты биотопливной отрасли, производители котельного оборудования для сжигания биотоплива, технологий по гранулированию и брикетированию из Европы и России, а также представители органов власти.

Впервые в рамках деловой программы выставки «Лесдревмаш-2016» прошел Первый съезд машиностроителей и деревообработчиков России. Организатором Съезда выступила Ассоциация «Древмаш» при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ и АО «Экспоцентр». На Съезде были рассмотрены актуальные вопросы развития производства отечественных средств технологического оснащения для лесного комплекса - машин и оборудования для лесоводства, лесозаготовок, лесохимии, целлюлозно-бумажной промышленности и деревообрабатывающих отраслей промышленности, выпускающих изделия из древесины и древесных материалов, а также предложения по развитию лесного машиностроения России.

Участниками мероприятия стали российские производители машин и оборудования для лесного комплекса, лесотехнические образовательные учреждения, некоммерческие организации лесного комплекса, субъекты Российской Федерации и ряд федеральных органов исполнительной власти (Федеральное агентство лесного хозяйства, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, Министерство образования и науки РФ и др.). Выработанные на Съезде предложения будут учтены при разработке и реализации Стратегии развития лесопромышленного комплекса России до 2030 года.

Все события деловой программы дали четкое понимание процессов, происходящих в отрасли. Участники выставки и форума конструктивно обсудили актуальные проблемы развития отечественной лесной промышленности и наметили пути дальнейшего эффективного развития в современных экономических условиях.