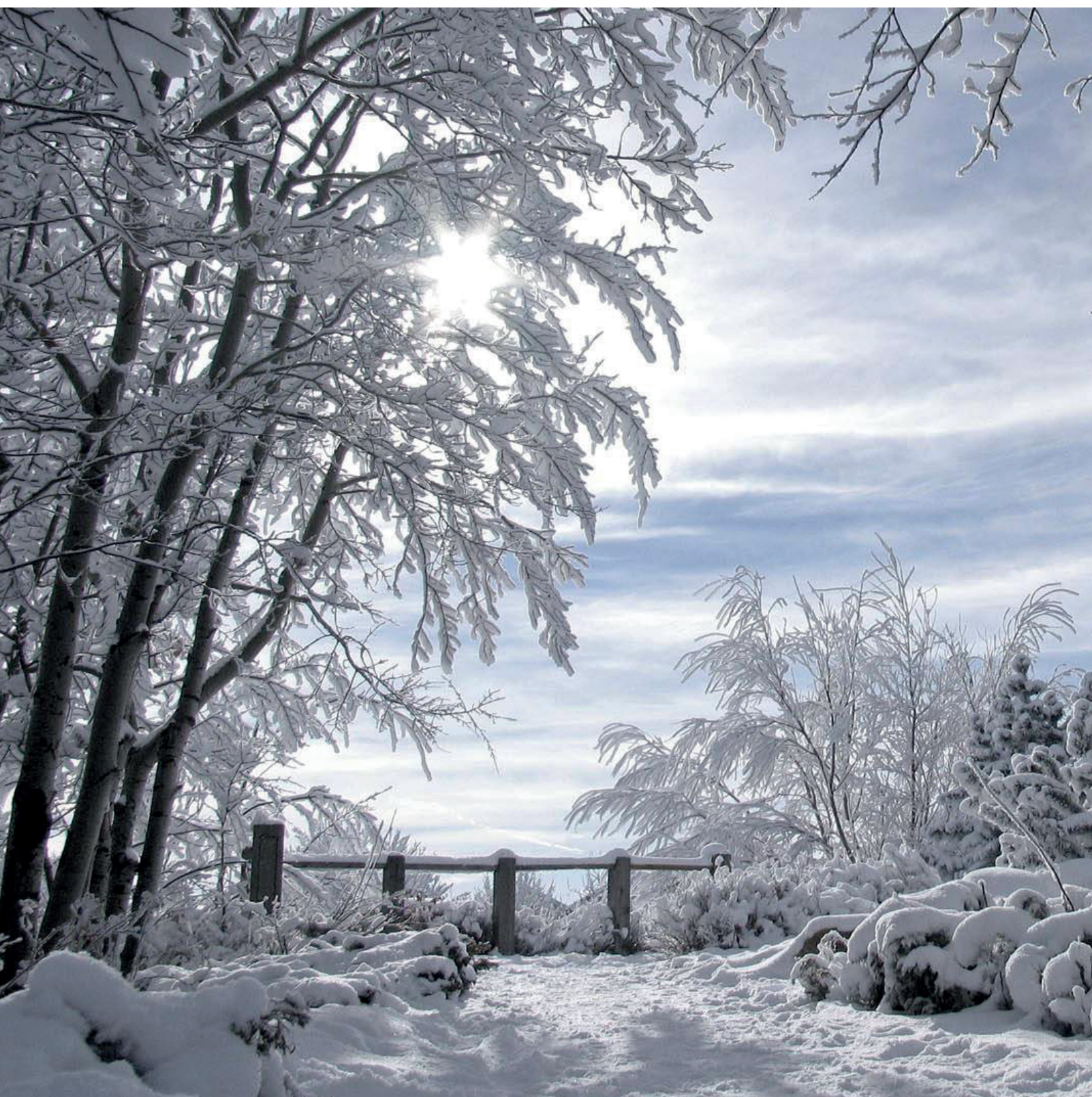


Дерево

ISSN 0011-9008

1/2012

обрабатывающая
промышленность



Царевококшайские ДВЕРИ



- серия Маретти
- серия Массив
- серия Обклад

Серия Maretti

от итальянского дизайнера Антонио Маретти
эксклюзивные покрытия по натуральной древесине

Астра



Глория



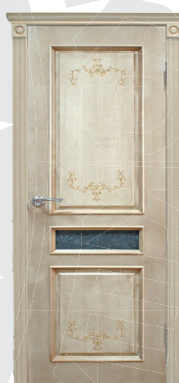
Марио



Дуос



Престиж М



«Царевококшайские двери»

424000, Россия, республика Марий Эл,

г. Йошкар-Ола, ул. Строителей, 95

тел. (8362) 42-31-09, 45-84-24, 32-21-75

www.zar-doors.ru, e-mail: info@zar-doors.ru, 458424@mail.ru

Дерево

ISSN 0011-9008

обработка 1/2012 промышленность

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредители:
Редакция журнала,
Рослеспрот,
НТО бумдревпрома,
НПО «Промысел»

Основан в апреле 1952 г.

Выходит 6 раз в год

Редакционная коллегия:
главный редактор
д.т.н., проф. Р.Р. Сафин

зам. главного редактора
к.т.н., доц. Е.Ю. Разумов

зам. главного редактора
А.В. Ермошина

д.т.н., проф. С.Н. Рыкунин
д.т.н., проф. Р.Г. Сафин
д.т.н., проф. Б.М. Рыбин
д.т.н., проф. Ю.П. Семенов
д.т.н., проф. В.Н. Башкиров
д.т.н., проф. А.С. Торопов
д.т.н., проф. В.А. Лашков
д.т.н., проф. П.М. Мазуркин
д.т.н., проф. Е.М. Царев
д.т.н., проф. Б.Н. Уголев

«Деревообрабатывающая
промышленность», 2012
Свидетельство о регистрации
СМИ в Роскомпечати № 014990

Сдано в набор 07.02.2012.
Подписано в печать 27.02.2012.
Формат бумаги 60x88/8
Усл. печ. л. 3,5
Тираж 1500 экз. Заказ 252
Цена свободная
ООО «Типография «Вертикаль»
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

СОДЕРЖАНИЕ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

А.Е. Воронин, А.Р. Зиятдинова Способы получения полезных продуктов из отходов деревопереработки, преимущественно древесной зелени..... 2

А.Р. Садртдинов, И.И. Хуснуллин, З.Г. Саттарова Получение древесного угля и жидких продуктов..... 4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ

П.А. Кайнов Тепломассоперенос внутри пиломатериала в процессе его термической модификации..... 7

Р.Р. Хасанишин, Р.В. Данилова Математическое описание процесса термической обработки древесного наполнителя..... 10

Е.В. Микрюкова, А.С. Торопов Математическая модель определения выхода пилопродукции из круглых лесоматериалов с сердцевинной гнилью секторным способом..... 13

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов Исследование термомодифицирования древесины в среде топочных газов..... 15

А.Г. Наумов Разработка технологии сушки оцилиндрованной древесины в гидрофильных жидкостях..... 18

Н.Ф. Тимербаев, Р.Г. Сафин Установка переработки древесных отходов в синтез-газ..... 21

И.М. Галиев Получение древесно-полимерных композиционных материалов экструзионным способом..... 23

Н.Р. Галиветдинов Усовершенствование технологии изготовления древесно-наполненных композиционных материалов..... 25

УДК 677.051.122.62

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ОТХОДОВ ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКИ, ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

А.Е. Воронин, А.Р. Зиятдинова

Разработана установка для переработки древесной зелени хвойных пород, основанная на непрерывном процессе обработки водяным паром с получением трех готовых продуктов: эфирного масла, используемого в производстве медицинских препаратов и как ароматизатор в парфюмерии; хвойного экстракта, представляющего собой готовый медицинский препарат, а также применяемый в косметической промышленности; кормовой муки, находящей применение в производстве комбикормов для добавления в пищевой рацион сельскохозяйственных животных и птиц.

Ключевые слова: экстракт, хвоя, отходы

Installation is developed for processing of wood greens of the coniferous breeds, based on continuous process of processing by water vapor with receiving three finished products: the essential oil used in production of medical preparations and as an aromatizator in perfumery; the coniferous extract representing a ready medical preparation, and also applied in the cosmetic industry; the fodder flour, finding application in production of compound feeds for addition in a diet of agricultural animals and birds.

Keywords: extract, needles, wastes

Хвоя – специфический вид древесной зелени, концентрирующий в себе множество биологически активных веществ, таких как эфирные масла, хлорофилл, каротин, многие аминокислоты, витамины, фитогормоны, бактериостатические и антигельминтные вещества. Однако при этом на лесозаготовках, в большинстве случаев, данное сырьё полностью уходит в отходы. Известно, что хвойные леса составляют половину мировых запасов, а их общая фитомасса достигает 56 млрд. тонн, в том числе до 3 млрд. древесной зелени. При традиционных способах заготовки и переработки древесного сырья крайне низок уровень его использования – 25-30% от общего запаса биомассы дерева. В связи с этим, проблема полного и рационального использования всей лесной биомассы, ставит задачу вовлечения в переработку сырьевых ресурсов, которые до последнего времени относились к древесным отходам и, в первую очередь, это касается такого биологически ценного сырья как хвойная древесная зелень.

К настоящему времени разработаны и реализованы многие схемы переработки различных видов древесного сырья. Среди них есть и весьма эффективные, базирующиеся на глубокой химической переработке древесной зелени, коры, опилок, стружек хвойных и лиственных пород. Однако внедрение этих производств хотя и предполагает значительный экономический эффект, но требует больших капитальных и эксплуатационных затрат, квалифицированных кадров, сложного оборудования. Обеспечение этих условий для многих лесопромышленных хозяйств пока затруднено. Доступнее организация производств, вырабатывающих продукцию с использованием сравнительно простых средств и с привлечением незначительных вложений.

Наиболее полно данным требованиям удовлетворяет способ переработки древесной зелени хвойных пород водяным паром. К сожалению, использующиеся в настоящее время технологии для его осуществления дают неудовлетворительные результаты. Как правило, они нацелены на получение лишь одного продукта от переработки зеленой массы – хвойного экстракта либо эфирных масел. Отработанная зелень при этом в большинстве случаев уходит в отходы. В случае получения эфирного масла, его качество не удовлетворяет существующим нормативам по плотности и содержанию в нем борнилацетата – наиболее ценного компонента определяющего качество продукта. Время переработки составляет порядка трех часов, но при этом доля неизвлеченного вещества оставшегося в отработанной зелени составляет около 30%. Способы, направленные на получение хвойного экстракта, основанные на вываривании древесной зелени в воде не нашли широкого внедрения в производстве из-за недостаточной окупаемости.

Для решения данных проблем была разработана установка для исследования переработки древесной зелени хвойных пород водяным паром при регулировании давления среды. Так как наиболее ценным продуктом при данном способе переработки сырья является эфирное масло, именно количество и качество данного вещества на выходе будет определяющим фактором при определении эффективности данной технологии при различных режимах. Одной из важнейших характеристик процесса переработки древесной зелени является кинетика выделения эфирного масла из древесной зелени и его компонентный состав. Обладая этими данными можно сделать выводы о необходимой про-

должительности отгонки, оптимальной температуре водяного пара и их влиянии на компонентный состав эфирного масла. Это открывает перспективы планирования необходимого состава готового продукта [1].

Эксперименты проводились следующим образом: хвоя отдиралась от свежесрубленных веток и измельчалась до размера 4 - 7 мм; порции сырья по 500 г. загружались в прогретый экстракционный аппарат, после чего экстрагировались водяным паром при заданной температуре с отводом насыщенных эфирными маслами паров в конденсатор; сконденсировавшаяся эмульсия расслаивалась на эмульгированную воду и хвойное масло. Отбор эфирного масла производился через следующие интервалы времени - 10, 20, 30, 60, 90 и 150 мин с момента подачи первой порции пара. Эксперименты проводились при температурах 100, 110, 120, 130 и 140°C. Границы исследуемого диапазона температур объясняются тем, что при 100°C производится переработка древесной зелени на большинстве эфиромасличных производствах нашей страны, а при температуре свыше 140°C микроэлементы содержащиеся в древесной зелени начинают разрушаться и качество и количество выделяемого эфирного масла резко падает.

Для обеспечения надежности результатов исследования опыт по определению динамики извлечения масел по каждой температуре был повторен трижды и взято среднеарифметическое значение. Данные по выходу эфирного масла с единицы объема сырья при различных температурах процесса переработки представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы около половины получаемого эфирного масла выделяется в первые полчаса процесса переработки, причем с увеличением температуры эта доля постепенно увеличивается до двух третей. Это говорит об интенсификации процесса извлечения целевого продукта с увеличением температуры переработки. Чтобы получить более наглядную картину кинетики извлечения масел при различных температурах обратимся к графику на рисунке 1.

Результаты экспериментов убедительно дока-

зывают, что температурный диапазон переработки древесной зелени от 110 °C до 130 °C обеспечивает наилучшие показатели по выходу эфирного масла. Это подтверждает низкую эффективность существующих установок по переработке древесной зелени водяным паром, работающих при атмосферном давлении, так как в этом случае более 50% целевого продукта остается в отработанной зелени. При этом следует отметить, что при температурах 120 °C и 130 °C кривые извлечения целевого продукта имеют схожий характер. Дальнейшее повышение температуры переработки хвои не продуктивно, так как наряду с увеличением интенсивности диффузионных процессов происходит термическое разложение основных компонентов эфирного масла. Кинетика процесса при 110 °C имеет замедленный характер в первой половине хода процесса, но по истечению 80 минут показатель извлечения эфирного масла достигает уровня более высоких температурных режимов. В качестве примера процессов переработки древесной зелени водяным паром при атмосферном давлении, использующихся на сегодняшний момент в России, на рис. 1 также представлена экспериментальная кривая описывающая выход эфирного масла при температуре 100 °C. Как видно, уже при повышении температуры среды всего на 10 °C происходит рост выхода эфирного масла приблизительно в два раза, однако, при этом скорость извлечения по-прежнему остается недостаточно высокой. Следовательно, можно сделать вывод, что для повышения эффективности и производительности данного процесса его следует проводить при давлении пара, необходимом для поддержания температуры процесса в диапазоне 120 - 130 °C, так как более высокие температуры при повышении энергозатрат приводят к уменьшению выхода целевого продукта, а более низкие не обеспечивают высокую интенсивность извлечения.

Таблица 1. Выход эфирного масла с единицы объема сырья при различных температурах процесса переработки

№№ этапов	Продолжи- тельность		Выход эфирного масла, $m_{\text{эф.масл.}}/m_{\text{дз}}$				
	мин	%	100 °C	110 °C	120 °C	130 °C	140 °C
1	10	6,6	0,00268	0,00296	0,00348	0,0049	0,0052
2	20	13,3	0,00374	0,00398	0,00704	0,00734	0,00728
3	30	20	0,0049	0,00626	0,00956	0,00902	0,00862
4	60	40	0,00576	0,01218	0,01326	0,0132	0,0105
5	90	60	0,00666	0,014414	0,01448	0,01402	0,01102
6	150	100	0,00806	0,01523	0,01516	0,01506	0,01246
Выход масла			0,806	1,523	1,516	1,506	1,246

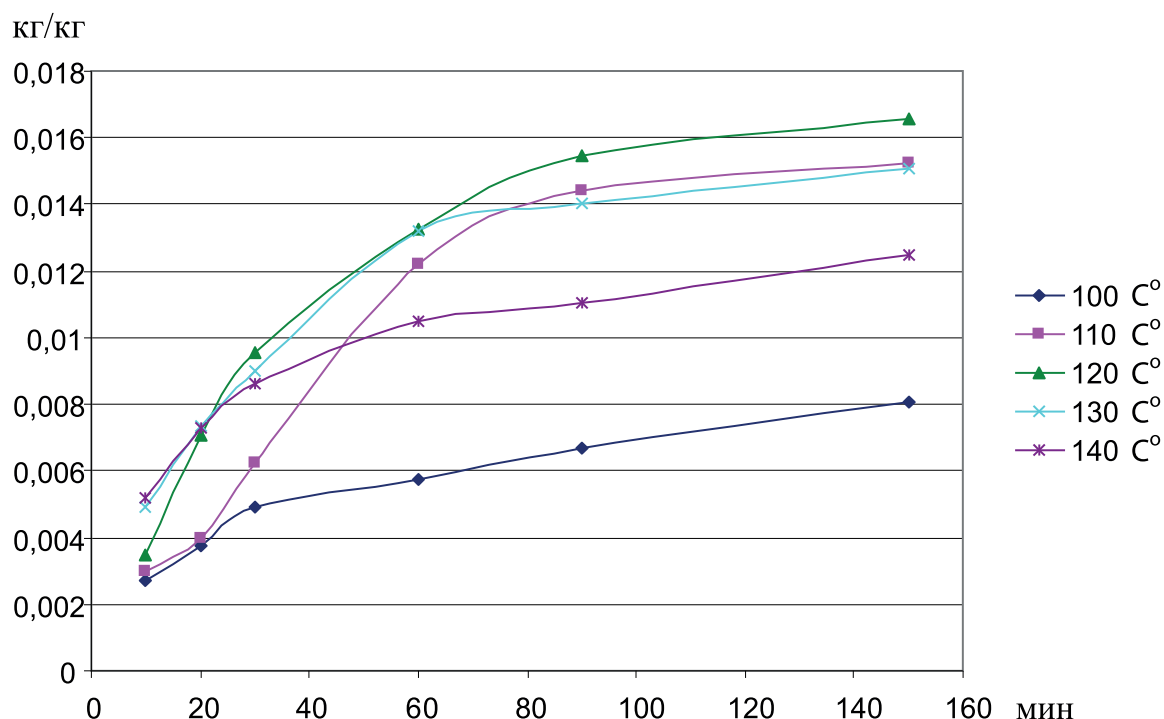


Рис. 1. Кинетика выхода эфирного масла при различных температурах среды

Список литературы

1. Сафин Р.Р. Установка для переработки отходов древесных производств / Р.Р. Сафин и др. // Вопросы современной науки и практики / Университет им. В.И. Вернадского – Тамбов: ТГТУ, 2009 – С. 82-86.

А.Е. Воронин – канд. техн. наук, гл. технолог ЗАО «Ласкрафт», г. Казань, olambis@rambler.ru; А.Р. Зиятдинова – мл. науч. сотрудник ЗАО «Ласкрафт».

УДК 66.092-977

ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ И ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА

А.Р. Садртдинов, И.И. Хуснуллин, З.Г. Саттарова

Проведен анализ современного состояния процесса пиролиза органических веществ. Дано описание разработанной установки для производства древесного угля, имеющей несколько технологических зон, позволяющих получить древесный уголь высокого качества, обеспечить технологическую безопасность и достичь максимальную энергоэффективность.

Ключевые слова: пирогенетическая переработка, пиролиз, древесина, отходы деревопереработки

The analysis of the current state of the pyrolysis of organic substances. A description of the developed plants for the production of charcoal, which has several technological areas that provide a high quality charcoal, to provide technology security and to achieve maximum efficiency.

Keywords: pyrogenetic processing, pyrolysis, wood, waste wood processing

В настоящее время существует множество альтернативных способов получения энергии. Одним из перспективных способов является биоэнергетика, распространенная не так широко, однако представляющая интерес из-за выгоды использования и наличия огромного количества возобновляемых органических ресурсов. При этом растительное сырье является более предпочтительным, так как растительная биомасса имеет низкое содержание серы, следовательно, при сгорании диоксида серы практически не выделяется.

Для получения энергии может быть использовано следующее сырье растительного происхождения:

- неделовая древесина, в основном мягких пород, заготовленная при санитарной вырубке лесных массивов; потенциальный объем данного типа сырья достигает 20% от общего объема лесного массива ежегодно;
- отходы лесозаготовки – пни, корье, сучья, щепка; доля отхода лесозаготовки от ее объема может составлять 40% и более;
- древесная и кустарниковая обрезь, образующаяся при обработке растительных насаждений в городской черте;
- отходы деревообработки – опилки, щепка, горбыль – составляют не менее 40% от объема деревообработки.

Запасы древесины в России составляют не менее 30% ее мировых запасов, что эквивалентно 18 млрд. тонн условного топлива. По предварительным оценкам, в виде отходов ежегодно образуется древесного сырья эквивалентного 40 млн. тонн условного топлива.

В некоторых районах в лесных хозяйствах есть необходимость производить очистку леса от хвороста и излишек деревьев. В итоге повсеместная переработка отходов позволит получить не только древесный уголь, но и здоровый лес с меньшей вероятностью возникновения пожаров, количество которых ежегодно увеличивается. Причем по данным лесного хозяйства известно, что хорошо ухаживаемые здоровые леса растут на 55 % быстрее.

В России при лесозаготовках и при переработке древесины ежегодно образуется огромное количество низкосортной древесины (береза, осина и др.), пригодной для энергетического использования. Несмотря на наличие таких огромных древесных ресурсов, к настоящему времени, доля получаемой из них энергии не превышает 2%.

Количество промышленных отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности в Республике Татарстан с 2008 по 2010 годы составило с 54,8 тыс. до 98,56 тыс. тонн. При этом количество собранных отходов деревообработки в 2010 г. составило 0,64669 тыс. тонн, из которых переработано 0,2931 тыс. тонн, что составило всего 0,3% от всего количества отходов.

Основными недостатками, препятствующими широкому использованию низкокачественной древесины

в энергетике, являются ее относительно низкая теплота сгорания и высокая влажность (до 70%). Один из способов устранения этих недостатков – превращение древесной биомассы в более удобные для использования продукты, такие как уголь, бионефть, горючие газы. Подобные продукты можно получить посредством пиролиза.

Пиролиз – это термическое разложение древесины без доступа кислорода, в процессе которого образуются твердые, жидкие и газообразные продукты. Твердым продуктом пиролиза является древесный уголь, остающийся в камере сгорания в виде твердого остатка после завершения процесса пиролиза древесины. Жидкие и газообразные продукты выделяются совместно в виде сложной парогазовой смеси, которую при последующем охлаждении разделяют на жидкий дистиллят (жижку) и неконденсируемые газы. Состав и количество продуктов термического разложения зависят от температуры, продолжительности процесса, метода нагрева и породы древесины. Однако, химизм и механизм процесса пиролиза до сих пор полностью не изучен.

На кафедре «Переработки древесных материалов» Казанского национального исследовательского университета тема пиролиза древесины изучается с 2005 года. Проведены исследования по темам: термическая переработка отходов деревообрабатывающих предприятий, изучение процесса пиролиза древесины при регулировании давления среды [1], утилизация отработанных деревянных шпал методом пиролиза [2], термическое разложение древесины при кондуктивном подводе тепла, быстрый пиролиз древесины в абляционном режиме [3].

В настоящее время на кафедре разработана установка для производства древесного угля и жидких продуктов пиролиза. Основными преимуществами установки являются: малая энергоемкость, автономность технологического процесса, полное отсутствие вредных выбросов в окружающую среду, универсальность [4].

Малая энергоемкость процесса достигается за счет того, что горючие газообразные вещества, выделяющиеся во время процесса пиролиза, используются в качестве топлива для поддержания технологического процесса. Это позволяет экономить природный газ, который нужен только для запуска установки и выхода на режимные параметры. Возможна подача природного газа в малых порциях при нехватке теплоты горения от парогазов (при использовании отходов высокой влажности). Также в установке применяется система теплообменников, которая позволяет более эффективно использовать теплоту топочных газов и теплоту пиролиза, что исключает потери большого количества тепла в окружающую среду. В итоге после выхода на режимные параметры установка может работать без значительных затрат энергии извне.

Загрузка сырья и выгрузка угля происходит непрерывно. Технологический процесс регулируется автоматически без участия человека.

Состав продуктов горения парогазовой смеси и природного газа схож и не содержит вредных веществ. Следовательно, отпадает потребность в очистке дымовых газов.

Универсальность заключается в возможности работать в двух режимах:

— с использованием в качестве топлива образующейся парогазовой смеси (без значительных затрат природного газа) для получения только древесного угля (рис. 1а);

— на природном газе с получением, как угля, так и жидких продуктов пиролиза – жижки, включающей смолу, эфирные масла, кислоты, спирты (рис. 1б).

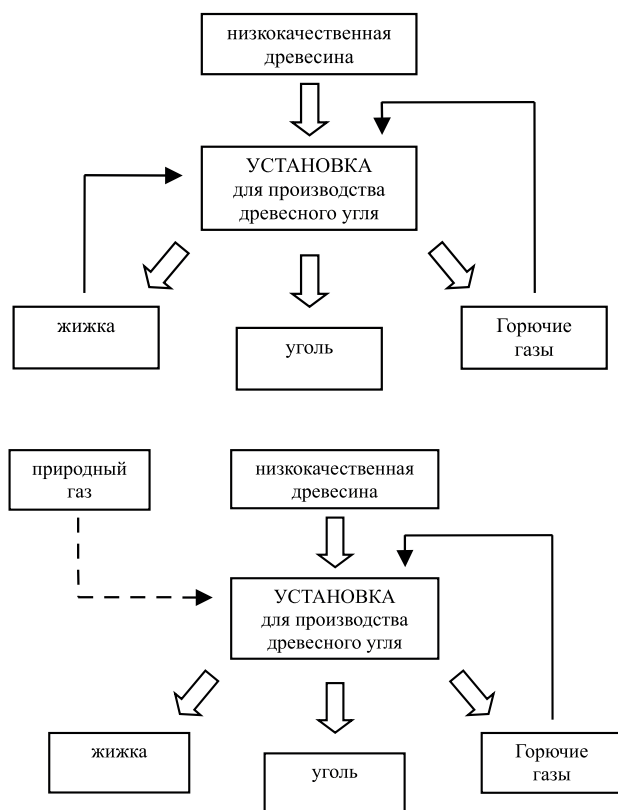


Рис. 1. – Режимы работы установки:
а – получение угля; б – получение угля и побочных продуктов

Данная установка позволяет повысить эффективность процесса пиролиза за счет использования несконденсированного пиролизного газа в качестве топлива для сжигания в топке, многократного использования топочных газов в рециркуляционном режиме, получения древесного угля более высокого качества (равномерное охлаждение получаемого угля не вызывает трещинообразование) и повышения пожаробезопасности работы установки вследствие выгрузки охлажденного угля, а также повышения производительности процесса за счет сокращения времени прогрева древесной биомассы и времени охлаждения угля.

Данная работа выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 г.» по теме: «Создание технологии и опытной установки комплексной переработки отходов лесной промышленности с получением теплоизоляционного материала», при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

1. Грачев, А.Н. Исследование быстрого пиролиза древесины в абляционном режиме / А.Н. Грачев, Р.Г. Хисматов, Р.Г. Сафин, В.Н. Башкиров // Известия Самарского научного центра РАН. – 2008. – Специальный выпуск – С. 25-29.
2. Исхаков, Т.Д. Энерго- и ресурсосбережение при утилизации отработанных деревянных шпал методом пиролиза / Т.Д. Исхаков, А.Н. Грачев, В.Н. Башкиров, Р.Г. Сафин // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2008. – № 11-12. – С. 16-20.
3. Сафин, Р.Р. Математическое моделирование процесса пиролиза древесины при регулировании давления среды / Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин, И.А. Валеев // Вестник МГУЛ. – 2005. – №2. – С. 168-174.
4. Тимербаев, Н.Ф. Современное состояние процесса пирогазетической переработки органических веществ / Н.Ф. Тимербаев, Р.Г. Сафин, И.И. Хуснуллин // Вестник казанского технологического университета. – 2011. – №3. – С. 169-173.

А.Р. Садртинов – канд. техн. наук, доц. каф. переработки древесных материалов Казанского национального исследовательского технологического университета, sadrtin@mail.ru; И.И. Хуснуллин – асп. каф. переработки древесных материалов КНИТУ; З.Г. Сатарова – асп. каф. переработки древесных материалов КНИТУ.

УДК 674.04

ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС ВНУТРИ ПИЛОМАТЕРИАЛА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ТЕРМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ

П.А. Кайнов

Одними из серьезных недостатков готовой продукции из термомодифицированных пиломатериалов является высокая себестоимость и наличие едкого запаха жженой древесины, поэтому перед исследователями стоят задачи по снижению энергозатрат на проведение процесса термообработки и предотвращению неприятного запаха в готовой продукции. Одним из путей решения данных задач является проведение процесса термомодифицирования в условиях вакуумно-кондуктивных аппаратов, что позволяет предотвратить потери тепла в окружающую среду и на стадии охлаждения благодаря осциллированию удалить жженный запах. В сообщении представлены результаты проведенных исследований предложенной технологии и методы её расчета.

Ключевые слова: термическая модификация, вакуум, жженный запах

One of the serious shortcomings of the finished product thermomodified lumber is high cost and availability of pungent odor of burnt wood, so the researchers are the target of reducing energy costs for carrying out the process of heat treatment and prevention of odors in the finished product. One way to solve these problems is to carry out the process thermomodification in a vacuum-conductive devices, which helps prevent heat loss into the environment and on the stage of cooling remove burnt smell. The report presents the results of studies of the proposed technology and methods of calculation.

Keywords: thermal modification, vacuum, the smell of burnt

Базовой инновационной технологией, позволяющей пересмотреть вопросы использования низкосортной древесины для нужд деревянного домостроения и мебельного производства, на сегодняшний день является термомодифицирование, поднимающее продукцию из древесины на новый конкурентоспособный уровень [1]. Рынок потребления термообработанной древесины в последние годы постоянно расширяется, что можно объяснить постепенным сужением возможных областей использования химически обработанной древесины и всё более ужесточающимися требованиями к самим химическим составам, что, в частности, видно из запрета Еврокомиссией применять древесину, обработанную антисептиками, содержащими соли тяжелых металлов [2]. Кроме того, термомодифицирование приводит к значительному повышению эксплуатационных свойств древесины: повышается биологическая стойкость, снижается равновесная влажность, сокращается коэффициент разбухания древесины при увлажнении, существенно уменьшается возможность проникновения воды в материал, улучшаются декоративные свойства и т.д. Однако несмотря на ряд преимуществ данная технология модифицирования древесины в нашей стране не нашла широкого применения вследствие высокой энергоёмкости процесса, существенно увеличивающей себестоимость термодревесины. Кроме того, одним из серьезных недостатков готовой продукции из термомодифицированных пиломатериалов является наличие едкого запаха жженой древесины. Таким образом, перед исследователями и производителями стоят следующие задачи: снижение энергозатрат на проведение процесса термооб-

работки; предотвращение неприятного запаха жженой древесины в готовой продукции.

Известные в настоящее время зарубежные технологии в процессе термообработки для защиты материала от кислорода, а также подвода тепловой энергии используют перегретый водяной пар или жидкую среду. Это, зачастую, приводит к быстрому износу дорогостоящего оборудования вследствие воздействия высокотемпературной агрессивной среды. В то же время в деревообрабатывающем производстве широкое применение нашли вакуумно-кондуктивные сушильные камеры, возможность использования которых для термомодифицирования древесины остается недостаточно исследованной. В то время как использование вакуума позволяет не только избежать воспламенения древесины, но и существенно снизить энергозатраты вследствие предотвращения тепловых потерь в окружающую среду, значительно интенсифицировать процесс вследствие контактного метода подвода тепловой энергии, а также позволяет удалить газообразные продукты разложения древесины из внутренних полостей материала и, тем самым, удалить неприятный запах термодревесины [3].

Кроме того, используемые в настоящее время технологии до сих пор не имеют расчетной базы, позволяющей адекватно оценить процессы термической модификации древесины и массоперенос продуктов разложения внутри материала в процессе производства и дальнейшей эксплуатации. Таким образом, в настоящей работе была поставлена задача: разработать математическое описание процессов тепло-массопереноса внутри материала при его вакуумно-кондуктив-

ном термомодифицировании с целью дальнейшего решения вопроса предотвращения запаха жженой древесины в готовой продукции.

Работа выполнялась при поддержке гранта Академии наук Республики Татарстан для молодых ученых № 8-11/2011 (Г).

Для описания изменения во времени полей плотностей и температуры древесины и продуктов её разложения по толщине пиломатериала в процессе термообработки воспользуемся уравнениями теплообмена, представленными в следующей форме:

$$c_m \rho_m \frac{\partial T_m}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_m \left(\frac{\partial T_m}{\partial x} \right) \right) - q \cdot K \cdot \rho_m + \frac{\alpha}{1 - \varepsilon} (T_{nzc} - T_m), \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial \tau} (T_{nzc} \cdot c_{nzc} \cdot \rho_{nzc} \cdot \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x} (T_{nzc} \cdot w_{nzc} \cdot c_{nzc} \cdot \rho_{nzc}) = -\alpha (T_{nzc} - T_m) + q \cdot \varepsilon \cdot K \cdot \rho_m, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho_{nzc}}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x} (w_{nzc} \rho_{nzc}) = K \cdot \rho_m, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \rho_m}{\partial \tau} = -K \cdot \rho_m, \quad (4)$$

где источниковый член в уравнении (1) характеризует количество тепловой энергии, расходуемое на осуществление эндотермической реакции разложения гемицеллюлоз и подводимое к каркасу материала за счет теплоотдачи от движущихся внутри материала в виде парогазовой смеси продуктов разложения; напротив, источниковый член в уравнении (2) характеризует количество тепловой энергии, выделяющейся с продуктами реакции при осуществлении реакции разложения гемицеллюлоз и отводимое от парогазовой смеси продуктов разложения к каркасу материала за счет теплоотдачи.

Для решения системы дифференциальных уравнений (1) – (4) введем следующие краевые условия:

- начальные условия

$$T_m(0; x) = T_{nzc}(0; x) = const, \quad (5)$$

$$\rho_{nzc}(0; x) = 0, \quad \rho_m(0; x) = const; \quad (6)$$

- граничные условия

$$T_m(\tau; 0) = T_{nzc}(\tau; 0) = f(\tau), \quad (7)$$

$$P_{nzc}(\tau; 0) = P_{кам}. \quad (8)$$

После завершения стадии термической модификации начинается охлаждение термодревесины. В этом случае дифференциальные уравнения переноса энергии и массы представим в следующем виде:

$$c_m \rho_m \frac{\partial T_m}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_m \left(\frac{\partial T_m}{\partial x} \right) \right) + \frac{\alpha}{1 - \varepsilon} (T_{nzc} - T_m), \quad (9)$$

$$\frac{\partial}{\partial \tau} (T_{nzc} \cdot c_{nzc} \cdot \rho_{nzc} \cdot \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x} (T_{nzc} \cdot w_{nzc} \cdot c_{nzc} \cdot \rho_{nzc}) = -\alpha (T_{nzc} - T_m), \quad (10)$$

$$\frac{\partial \rho_{nzc}}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \left(\frac{\partial \rho_{nzc}}{\partial x} \right) \right); \quad (11)$$

Начальные условия для решения выражения (9) – (11) представляют собой поля температур и плотности после расчета предыдущей стадии; граничные условия можно представить в виде выражений:

$$T_m(\tau; 0) = T_{nzc}(\tau; 0) = f(\tau), \quad (12)$$

$$\beta (\rho_{nzc} - \rho_{nzc.кам}) = -D \frac{\partial \rho_{nzc}}{\partial x}. \quad (13)$$

Для интенсификации массопереноса газообразных продуктов разложения внутри материала стадию охлаждения целесообразно проводить циклически: путем периодической подачи водяного пара в рабочую полость аппарата и создания вакуума. Подобное ведение процесса позволяет создать градиент давления внутри материала и в результате многократного разбавления газообразных продуктов разложения водяным паром существенно сократить, а в некоторых случаях (при небольшой толщине пиломатериала) и полностью предотвратить, неприятный запах термодревесины.

Система уравнений (1) – (13) позволяет математически описать изменение плотности и температуры древесины и продуктов её разложения в процессе термообработки и охлаждения термодревесины при наличии всех соответствующих коэффициентов. Однако термомодифицированная древесина пока остается малоизученным материалом, и поэтому в литературе отсутствуют необходимые для расчета данные. И если теплофизические коэффициенты термодревесины в первом приближении с достаточной для инженерных расчетов точностью можно принять как и для абсолютно сухой натуральной древесины с поправкой на плотность, то константа скорости химической реакции требует предварительного экспериментального определения. В связи с этим, были проведены экспериментальные исследования, результаты обработки которых представлены в виде выражения

$$K = 2 \cdot 10^{-20} \cdot T^{7,03}. \quad (14)$$

Для оценки представленной математической модели на адекватность была создана экспериментальная установка для сушки и термомодифицирования древесины контактным методом. В качестве модельных образцов были использованы пиломатериалы разных пород (дуб, сосна, береза), выбор данных пород обусловлен разными плотностями при этом учитывались имеющиеся в справочной литературе наиболее полные сведения о теплофизических и физико-механических свойствах данных пород. Для проверки на адекватность математической модели термомодифицирования пиломатериалов были проведены математическое моделирование с помощью приложения VBA программы Microsoft Office Excel и экспериментальные исследования.

В результате проведенных исследований установлено, что темп нагревания древесины должен быть подобран таким образом, чтобы обеспечить равномерную по сечению окраску, поэтому. Поскольку резкое повышение температуры поверхностных слоев вызывает существенное различие в цветовой гамме по сечению древесины, а слишком медленное – приводит к значительному увеличению продолжительности процесса, то была поставлена задача определить оптимальный темп нагрева. В результате проведенных исследований получена зависимость:

$$\ln\left(\frac{\Delta T}{\Delta \tau}\right) = 1,58 - 2,004 \ln \frac{s}{2} + \frac{35096,5}{\rho^2}. \quad (15)$$

Результаты проведенных экспериментальных исследований изменения интегральных плотностей термомодифицированной древесины показали, что термическая обработка оказывает прямое влияние на изменение плотности древесины, при этом, чем выше температура обработки, тем интенсивнее снижение плотности материала. В то же время порода древесины не оказывает значительного влияния на изменение данного параметра.

Обработка экспериментальных и теоретических данных выделения из древесины парогазовой смеси в процессе термомодифицирования позволила определить изменение потока летучих во времени, необходимое при расчете системы улова и конденсации продуктов разложения древесины. Установлено, что производительность системы улова и конденсации должна регулироваться в процессе термообработки в зависимости от температуры процесса термической обработки, толщины пиломатериала и породы древесины.

Основные процессы термического модифицирования древесины находятся в пределах эндотермических реакций и сопровождаются частичным разложением компонентов древесины (целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина). При более высоких температурах начинаются необратимые процессы разложения древесины, характерные для экзотермических реакций, поэтому термомодифицирование древесины проводится при температурном режиме не превышающем 250 °С.

При достижении необходимой степени термомодифицирования с целью удаления неприятного запаха жженой древесины нами предложено проводить осциллирующую пропарку, сопровождающуюся чередованием стадий пропарки и вакуумирования. Подача водяного пара в рабочее пространство камеры и контакте с горячим деревом вызывает перегрев пара, поэтому для поддержания в камере заданной температуры среды в работу включается внутренний теплообменник. После обработки древесины в среде водяного пара камеру вакуумируют с помощью вакуумного насоса и осуществляют выдержку древесины в условиях вакуума. Применение стадий вакуумирования и про-

паривания после стадии термообработки древесины, помимо удаления неприятного запаха, направлено на интенсификацию стадии охлаждения древесины. Снижение температуры материала до 120 – 130 °С необходимо для предотвращения самопроизвольного возгорания древесины при данных высоких температурных режимах при выгрузке из камеры.

Результаты моделирования, характеризующие зависимость расхода пара на стадии охлаждения термообработанной древесины показали, что расход пара увеличивается с повышением удельной поверхности материала. Полученные зависимости позволяют контролировать расход водяного пара и постепенно снижать температуру материала до 120-130 °С, обеспечивая надлежащее качество получаемой термодревесины.

Кроме того, в результате экспериментальных исследований установлено, что термомодифицированная древесина дуба может быть оптимальной заменой натуральной мореной древесины, так как открывает широкие возможности для применения дерева как высокохудожественного материала, превосходящего по качеству естественный мореный дуб благодаря приобретенным новым физико-механическим, эксплуатационным и эстетическим характеристикам. Анализ проведенных исследований свойств термомодифицированной древесины дуба показал, что повышение температуры и увеличение продолжительности термообработки древесины ведет к снижению прочностных показателей пиломатериала. Однако термомодифицированный дуб превосходит по эксплуатационным характеристикам натуральный мореный дуб. В частности, предел прочности при изгибе для термодуба на 4-30% больше чем для натурального мореного дуба, а предел прочности при сжатии на 1-5% больше в зависимости от степени термомодифицирования, коэффициенты усушки и разбухания в среднем в пять раз меньше, при этом ударная твердость искусственного мореного дуба несколько ниже, чем у натурального.

На основании полученных данных была разработана инженерная методика расчета рациональных режимных параметров процесса в зависимости от требуемой степени термомодифицирования и физико-механических характеристик получаемой термодревесины.

В результате проведенных исследований была разработана опытно-промышленная установка термической обработки древесины в жидкостях, которая состоит из герметичной камеры с нагревателем, линии вакуумирования и системы охлаждения, включающей емкость для хранения гидрофобной жидкости со встроенным резервуаром заполненным водой, сообщаемым с камерой при помощи паропровода. После завершения стадии термообработки из камеры в емкость сливают гидрофобную жидкость, где она отдает тепло через стенки внутреннего резервуара воде, в результате чего образуется пар, подаваемый обратно в камеру. Данная операция исключает необходимость

дополнительных затрат на образование водяного пара и интенсифицирует процесс охлаждения гидрофобной жидкости перед следующим циклом термомодифицирования. Таким образом, представленная технология термомодифицирования древесины в жидкостях, благодаря своему конструктивному решению, может применяться как крупными, так и малыми деревообрабатывающими предприятиями, при этом снижаются энергетические затраты, улучшается качество термомодифицированной древесины, окрашивание материала происходит равномерно по всей толщине, а цветное решение может быть спрогнозировано.

Таким образом, в результате аналитических и экспериментальных исследований получен математический аппарат для расчета тепломассопереноса внутри древесины в процессе термомодифицирования, выявлены пути решения эксплуатационных недостатков термодревесины, а также предложено аппаратное оформление термомодифицирования древесины в жидкостях, которое позволяет существенно интенсифицировать данный процесс.

Обозначения

T – температура, К; ρ – плотность, кг/м³; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); ε – порозность; w – скорость, м/с; q – удельная теплота химической реакции, Дж/кг; D – коэффициент диффузии, м²/с; f – пористость; k – константа скорости химической реакции, с⁻¹; P – давление, Па; x – координата, м; τ – время, с.

Список литературы

1. Сафин, Р.Р. Энергосберегающая установка для сушки и термической обработки древесины / Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов, Н.А. Оладышкина // Вест. казан. гос. техн. ун-та. – 2010. - №9. – С.542-546.
2. Азаров, В.И. Химия древесины и синтетических полимеров: Учебник для вузов / В.И. Азаров, А.В. Бузов, А.В. Оболенская. - СПб.: СПбЛТА, 1999. - 628 с.
3. Разумов, Е.Ю. Способ обработки термомодифицированной древесины / Е.Ю. Разумов, Р.В. Данилова // Вест. казан. гос. техн. ун-та. – 2011. - №4. – С.74-78.

П.А. Кайнов – мл. науч. сотрудник ООО «Станкоагрегат», г. Йошкар-Ола, kajnov@rambler.ru.

УДК 674.04

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Р.Р. Хасаншин, Р.В. Данилова

Рассмотрена технология термической обработки древесного сыпучего сырья в аппаратах барабанного типа для повышения качества и устойчивости к внешним воздействиям. Приведена математическая модель процесса термомодифицирования древесного сыпучего сырья.

Ключевые слова: *древесное сыпучее сырье, термомодифицирование, математическая модель*

The technology of thermal processing of wood raw materials in bulk drum type apparatus for improving the quality and resilience. Given the mathematical model thermal modification of bulk raw wood.

Keywords: *wood granular material, thermal modification, mathematical model*

В России опилки и станочная стружка практически не используются и в основном направляются в отвалы [1]. При этом в последние годы все более возрастающий интерес приобретают древесно-наполненные композиционные материалы, в которых могут найти свое дальнейшее использование отходы деревообрабатывающих производств. Поэтому актуальной задачей является повышение эксплуатационных свойств композитов, в частности путем модифицирования древе-

сины. Недостатками древесины как композиционного наполнителя является ее низкая биостойкость и достаточно высокая гигроскопичность, что приводит к снижению механических характеристик композиционного материала в целом.

Для повышения качества и устойчивости древесного наполнителя к различным воздействиям предлагается применение термической обработки древесного сырья в среде инертных газов [2, 3].

Предложенный способ термической обработки целесообразно проводить в камерах барабанного типа, поскольку они нашли широкое применение в деревообрабатывающей промышленности. Это объясняется тем, что процессы тепло- и массообмена протекают в них достаточно интенсивно и экономично благодаря хорошему контакту между обрабатываемым сыпучим материалом и газообразным агентом, а также благодаря возможности использования высоких температур газов при параллельном движении их с материалом. Основными достоинствами барабанных аппаратов являются: большая единичная производительность, простота конструкции и эксплуатации, возможность высокой степени механизации и автоматизации процесса.

Термомодифицирование древесного сыпучего сырья проводят в аппарате термомодифицирования, в котором материал нагревается до температуры 200 °C без доступа кислорода воздуха. При этом подвод тепловой энергии к древесному сырью происходит как конвективно (в полете), так и контактным методом (в завале). Повышение температуры материала до заданного значения приводит к термическому разложению компонентов древесины – гемицеллюлозы.

Благодаря вращению аппарата и ковшам внутри камеры, древесное сырье постоянно перемешивается, что позволяет провести равномерную термическую обработку материала. Объем частиц, захватываемых ковшами, определяется формой и размером последних.

Пересыпание частиц материала в барабане происходит сверху на слой материала, находящийся в нижней части аппарата. В то же время часть материала непосредственно контактирует с нагретой поверхностью. В зоне контакта этого материала с поверхностью происходит передача теплоты и за счет этого термомодифицирование пристенного слоя. Все частицы материала этого слоя находятся в контакте с нагретыми элементами барабана до следующего цикла пересыпания.

По мере продвижения частиц по длине аппарата происходит их полное термомодифицирование. После выгрузки из барабана древесное сырье охлаждается.

Анализ процесса термомодифицирования древесного сыпучего сырья показал, что совокупность физических явлений, составляющих исследуемый способ термообработки, следует рассматривать, решая внешнюю – теплоперенос в среде и её теплообмен с материалом, и внутреннюю задачу – теплоперенос внутри материала [4].

Для одномерной картины установившегося процесса термической обработки древесных частиц, пренебрегая теплопроводностью среды, вследствие достаточно высокой скорости ее движения, уравнение энергии для среды можно представить в следующем виде

$$W_l \frac{\partial T}{\partial l} = -\alpha [T_{cp} - T_m] F^* + k \cdot \rho_m \cdot q \quad (1)$$

Тепловой баланс для частиц, находящихся в полете

$$dQ_1 - dQ_2 = dQ_3, \quad (2)$$

где dQ_1 – подвод теплоты от потока к частицам, находящимся в полете; dQ_2 – теплоотдача в среду с продуктами разложения; dQ_3 – изменение внутренней тепловой энергии.

Тепловой баланс для частиц в завале

$$dQ_4 - dQ_5 = dQ_6 \quad (3)$$

где dQ_4 – подвод теплоты от стенки барабана к частицам в завале; dQ_5 – теплоотдача в среду с продуктами разложения; dQ_6 – изменение внутренней тепловой энергии.

Отсюда, тепловые балансы запишем в следующем виде

$$\alpha (T_{cp} - T_m) F^* - k \cdot \rho_m \cdot q = V_{op} c_{op} \rho_{op} \frac{dT}{dl} W \quad (4)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} S - k \cdot \rho \cdot q = V_{op} c_{op} \rho_{op} \frac{dT}{dl} W \quad (5)$$

После некоторых преобразований получаем изменение температуры материала по длине барабана для частиц, находящихся

- в полете

$$W_{д.ч.} \frac{\partial T}{\partial l} = \frac{\alpha (T_{cp} - T_m) F^* + k \cdot \rho_m \cdot q}{c \cdot \rho \cdot V_{дрвполете}} \quad (6)$$

- в завале

$$W_{д.ч.} \frac{\partial T}{\partial l} = - \frac{\lambda \cdot S}{c_{op} \cdot \rho_{op} \cdot V_{дрвзавале}} \frac{\partial T}{\partial x} - \frac{k \cdot \rho \cdot q}{c_{op} \cdot \rho_{op} \cdot V_{др}} \quad (7)$$

Отсюда, изменение средней температуры и плотности частиц по длине барабана можно представить в следующем виде

$$\frac{dT}{dl} = \frac{m_{дрвполете}}{m_{дробиц}} \left(\frac{dT_{мвполете}}{dl} \right) + \frac{m_{дрвзавале}}{m_{дробиц}} \left(\frac{dT_{мвзавале}}{dl} \right) \quad (8)$$

$$W_{д.ч.} \frac{d\rho}{dl} = k \cdot \rho_m \quad (9)$$

Время нахождения частиц в ковше зависит от угловой скорости и угла поворота осыпания α (рис. 1)

$$\tau = \frac{\pi \alpha}{180 \cdot \omega} \quad (10)$$

Угол поворота осыпания равен углу между линией, проходящей через грань ковша, и горизонтом.

Он больше или равен углу естественного откоса древесных частиц.

Отсюда, масса древесных частиц, ссыпающихся с ковша за единицу времени,

$$\frac{\partial m_{\text{ссып.др-ны}}}{\partial \tau} = \frac{m_{\text{загр.ковши}} \cdot 180 \cdot \omega}{\pi \alpha} \quad (11)$$

Для нахождения количества частиц, находящихся в полете, необходимо определить высоту падения (рис. 1). Среднюю высоту падения частиц находим как площадь сегмента, деленную на основание этого сегмента. Для этого интегрируем уравнение окружности относительно величины α .

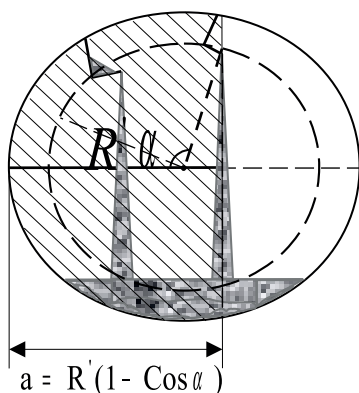


Рис. 1. Схема для расчета средней высоты осыпания частиц

Отсюда, находим площадь, заключенную между левой крайней точкой окружности и вертикальной прямой, проходящей через точку, в которой происходит полное опустошение ковша

$$S_a = \frac{R^2}{2} \left[\arcsin(-\cos \alpha) - \cos \alpha \sqrt{1 - \cos \alpha} + \frac{\pi}{2} \right] \quad (12)$$

Тогда средняя высота падения древесных частиц

$$\bar{h} = \frac{S_a}{a} = \frac{R}{2} \left[\frac{\pi \cdot \arcsin(-\cos \alpha)}{2(1 - \cos \alpha)} - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos \alpha}} \right] \quad (13)$$

Определив время падения частиц по формуле

$$\tau = \sqrt{\frac{2\bar{h}}{g}}, \quad (14)$$

находим массу частиц, находящихся в полете

$$m_{\text{вполете}} = \frac{m_{\text{загр.ковши}} \cdot 180 \cdot \omega}{\pi \alpha} \cdot \tau \quad (15)$$

Тогда масса частиц, находящихся в завале,

$$m_{\text{завале}} = m_{\text{общ}} - m_{\text{вполете}} \quad (16)$$

Представленная система уравнений позволяет описать процесс термомодифицирования древесного сыпучего сырья и определить продолжительность стадий прогрева и термомодифицирования древесных частиц, а также выявить рациональные режимные параметры исследуемого процесса.

Список литературы

1. Коротаев, Э.И. Использование древесных опилок / Э.И. Коротаев, М.И. Клименко. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 143 с.
2. Разумов, Е.Ю. Термомодифицирование древесины в среде топочных газов / Е.Ю. Разумов, Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Сафин, Н.А. Оладышкина // Вестник Московского государственного университета леса «Лесной вестник» 2010г. №4 (73), С. 95-99.
3. Хасаншин, Р.Р. Предварительная термическая обработка древесного наполнителя в производстве ДПКМ / Р.Р. Хасаншин, Р.В. Данилова // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2012. – Т. 15, №7. – С. 62-63.
4. Сафин, Р.Р. Исследование вакуумно-кондуктивного процесса модифицирующей термообработки древесины / Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов, М.К. Герасимов, Д.А. Ахметова // Деревообрабатывающая промышленность 2009 г. №3, С. 9-11.

Р.Р. Хасаншин – канд. техн. наук, гл. инженер ООО «НПП «ТермоДревПром», г. Казань, reginka.danilova@mail.ru; **Р.В. Данилова** – мл. науч. сотрудник ООО «НПП «ТермоДревПром».

УДК 674.04

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДА ПИЛОПРОДУКЦИИ ИЗ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ С СЕРДЦЕВИННОЙ ГНИЛЬЮ СЕКТОРНЫМ СПОСОБОМ

Е.В. Микрюкова, А.С. Торопов

Предлагается способ раскря круглых лесоматериалов с сердцевинной гнилью. Разработана математическая модель определения выхода пилопродукции из круглых лесоматериалов с сердцевинной гнилью секторным способом.

Ключевые слова: круглый лесоматериал, сердцевинная гниль, секторный способ раскря, математическая модель

A method of cutting of the round timber heartwood rot, with the developed mathematical model for the determination of output of sawn round timber heartwood rot sector method.

Keywords: round timber, heartwood rot, sector way of cutting, mathematical model

Спрос на древесину как на конструкционный материал постоянно растет, а запасы ее неуклонно сокращаются. Поэтому в настоящее время вырубается не доведенные до спелого состояния древостои. Вместе с тем неэффективно используется низкокачественная древесина, большую долю которой составляют материал, пораженный сердцевинной гнилью. В лучшем случае он используется для производства тарной пилопродукции и щепы. Таким образом, решение проблемы использования древесины, пораженной сердцевинной гнилью, является актуальной задачей и позволит вовлечь в переработку дополнительные ресурсы спелой древесины и частично погасить спрос на нее. Одним из направлений исследования возможностей использования такой древесины является поиск новых способов раскря, что приведет к более рациональному использованию сырья.

Нами был предложен способ раскря круглых лесоматериалов, пораженных сердцевинной гнилью [1], схема которого показана на рисунке 1. Способ раскря включает продольный раскря на секторы, удаление коры и гнили из секторов параллельно образующей лесоматериала, сушку и сортировку полученных заготовок переменного поперечного сечения в виде равнобедренной трапеции, их разворот и скрепление между собой.

Предварительно перед распиловкой производится сортировка бревен по диаметрам гнили. В распиловку поступают преимущественно круглые лесоматериалы, по размерам сердцевинной гнили, отнесенные к дровяной древесине, поскольку стоимость такого сырья значительно ниже. Круглый лесоматериал поступает на станок для продольного раскря. Далее полученные секторы, содержащие гниль, поступают к станку для удаления гнилой части и коры. После этого полученные заготовки подвергаются сушке и сортировке. Затем они поступают к фрезерному станку для обработки кромок. После чего наносится клей и производится склеивание.

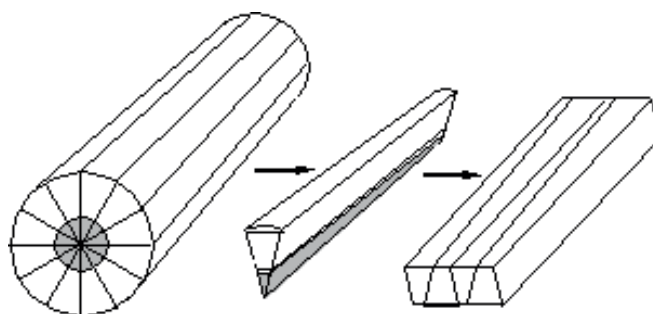


Рис. 1. Получение пилопродукции из круглых лесоматериалов, пораженных сердцевинной гнилью

Для оценки эффективности того или иного способа раскря нужно знать объемный выход получаемой при этом пилопродукции. Для определения объемного выхода пилопродукции, полученной при раскря круглых лесоматериалов с сердцевинной гнилью секторным способом, разработана математическая модель.

Секторным способом эффективнее вести распиловку круглых лесоматериалов крупных диаметров. Число секторов при этом рекомендуется от 4 до 8, если ведется раскря здоровых бревен на пилопродукцию специального назначения (радиальную или тангенциальную). Для предлагаемого способа раскря круглых лесоматериалов с сердцевинной гнилью не требуется дальнейший раскря секторов на пиломатериалы. Поэтому можно вести распиловку не только крупных лесоматериалов, но и средних, а также увеличить число секторов для повышения выхода получаемой пилопродукции.

Угол сектора, получаемого при раскря круглого лесоматериала

$$\gamma = \frac{360}{N}, \quad (1)$$

где N – число секторов, на которые раскраивается круглый лесоматериал.

Ширина кольца качественной зоны пиловочника в

произвольном сечении равна

$$z = \frac{l}{2}(d - d_2), \quad (2)$$

где d, d_2 – соответственно диаметр круглого лесоматериала без коры и диаметр гнили в произвольном сечении.

При поражении круглого лесоматериала сердцевинной гнилью, диаметр последней, как правило, уменьшается от комля к вершине, как и диаметр самого лесоматериала, но интенсивность изменения диаметров может быть разной. Поэтому заранее неизвестно, в каком из сечений ширина кольца будет минимальной. Расчет вести необходимо по тому сечению, в котором ширина кольца минимальная.

Рассмотрим раскрой круглого лесоматериала на секторы с дальнейшим получением из них заготовок. Найдем геометрические размеры заготовок в комлевом и вершинном торцах. На рис. 2 показан торец круглого лесоматериала с минимальной шириной качественной древесины.

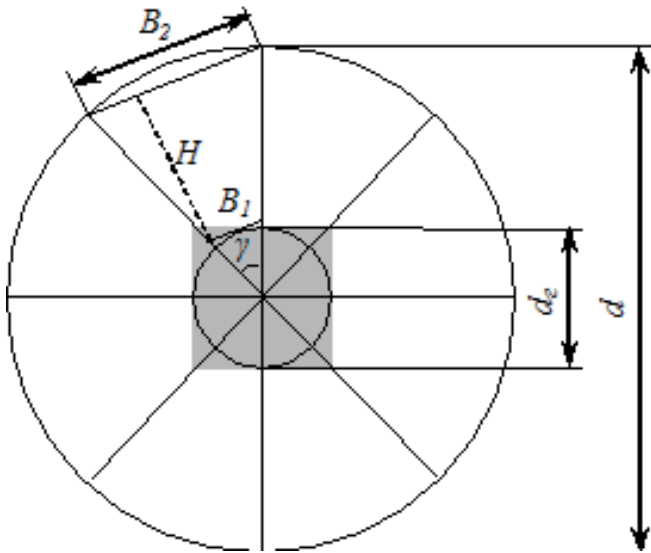


Рис. 2. Схема раскроя круглого лесоматериала с сердцевинной гнилью

Из схемы раскроя (рис. 2)

$$B_1 = d_2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}, \quad (3)$$

$$B_2 = d \cdot \sin \frac{\gamma}{2}, \quad (4)$$

$$H = \frac{l}{2} \left(B_2 \cdot \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} - d_2 \right), \quad (5)$$

где B_1, B_2 – ширина заготовок соответственно по внутренней и наружной пластям после удаления коры и гнили в сечении минимальной ширины кольца, мм; H – толщина заготовок, мм.

Для обеспечения дальнейшего сопряжения загото-

вок необходимо, чтобы толщина заготовок была постоянной по их длине. Ширина заготовок в противоположном торце B_3 определяется следующим образом

$$B_3 = B_4 - 2H \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}, \quad (6)$$

где B_4 определяется аналогично B_2 по формуле (4).

С помощью найденных по формулам (3) – (6), размеров заготовок, находим их суммарный объем

$$V = \frac{B_1 + B_2 + B_3 + B_4}{4} H n l, \quad (7)$$

где l – длина круглого лесоматериала.

Для оценки эффективности способа раскроя нужно определить процент полезного выхода пилопродукции по отношению к объему круглого лесоматериала. Объем круглого лесоматериала может быть определен аналитически.

Если предположить, что круглый лесоматериал является телом вращения, то для определения его объема необходимо знать форму образующей. Для определения формы образующей круглых лесоматериалов, а также образующей сердцевинной гнили используем аллометрический метод, основанный на законе относительного роста древостоя [2]. Таким образом, можно записать математические модели образующих круглых лесоматериалов и сердцевинной гнили

$$d = d_0 + a l^b, \quad (8)$$

где d – диаметр круглого лесоматериала без коры в произвольном сечении, м; d_0 – диаметр круглого лесоматериала в комле, м; a – константа начального состояния; l – расстояние от комля до произвольного сечения, м; b – константа равновесия, передающая темп изменения диаметра относительно l .

Зная форму образующей хлыста, выраженную математической формулой, можно определить объем круглого лесоматериала по формуле

$$Q = \frac{\pi}{4} \int_0^l d^2 dl.$$

После подстановки в это выражение формулы образующей в виде аллометрической зависимости и интегрирования получим

$$Q = \frac{\pi}{4} \left(d_0^2 L + 2 \frac{a d_0}{b+1} L^{b+1} + \frac{a^2}{2b+1} L^{2b+1} \right).$$

Процент полезного выхода пилопродукции из круглых лесоматериалов с сердцевинной гнилью

$$P = \frac{V}{Q} 100\%.$$

Распиловка предлагаемым способом раскря круглых лесоматериалов с сердцевинной гнилью должна вестись на станках для индивидуального раскря. Эффективность предлагаемого способа раскря должна оцениваться не только процентом полезного выхода пилопродукции, а комплексными критериями, позволяющими учитывать еще и затраты на реализацию данного способа.

Список литературы

1. Пат. 2359816 Рос. Федерация: МПК В 27 В 1/00/ Способ раскря круглых лесоматериалов, пораженных

сердцевинной гнилью: Торопов А.С., Микрюкова Е. В., Липин Д.М.; заявитель и патентообладатель Марийск. гос. техн. ун-т. - № 2006112530/03; заявл. 14.04.06; опубл. 27.06.09 Бюл. № 18.

2. Торопов, А.С. Интенсификация производственных процессов поперечной распиловки лесоматериалов / А.С. Торопов// Автореф. дис. на соискание учен. степени докт. техн. наук: 05.21.01-Технология и машины лесного хоз-ва и лесозаготовок/ Санкт-Петербург. лесотехн. акад.- СПб., 1993.- 31с.

Е.В. Микрюкова – канд.техн.наук, доц. каф. деревообрабатывающих производств Поволжского гос. технол. ун-та, г. Йошкар-Ола, mikryukova@mail.ru ; А.С. Торопов – д-р тех. наук, проф. каф. деревообрабатывающих производств Поволжского гос. технол. ун-та.

УДК 674.04

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В СРЕДЕ ТОПОЧНЫХ ГАЗОВ

Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов

Разработана технология и оборудование для реализации термомодифицирования древесины в среде топочных газов, которые позволяют снизить энергетические затраты на проведение данного процесса и осуществить термическую обработку без снижения качества материала.

Ключевые слова: термомодифицирование, математическая модель, топочные газы

The technology and equipment for the implementation of termomodifitsirovaniya wood combustion gases in the environment that reduce the energy costs of the process and carry out heat treatment without compromising the quality of the material.

Keywords: thermal modification, mathematical model, flue gases

Термомодифицированная древесина является натуральным, абсолютно экологически чистым материалом и превосходит традиционные материалы из древесины по ряду важнейших характеристик: устойчивость к гниению, стабильность геометрии изделий при эксплуатации, пониженная равновесная влажность на уровне 3-5 %, возможность получать любые оттенки от светло-желтого до почти черного на всю глубину изделия, низкая гигроскопичность, низкая теплопроводность. Изделия из термически обработанной древесины используются без ограничений в любых климатических условиях. Они не нуждаются в антисептировании, пропитке, тонировании, крашении. Гидротермическая обработка подчеркивает и выявляет всю красоту натурального дерева, придает новые технологические и декоративные свойства цен-

ным породам. Все эти свойства делают термодревесину очень востребованным продуктом на рынке строительных материалов. Она нашла широкое применение в европейских странах и начала применяться в России. Между тем до сих пор выпуск подобных материалов ограничивается их высокой стоимостью, поскольку термомодифицирование в существующих аппаратах в основном протекает в среде перегретого водяного пара, требующего больших энергозатрат и приводящего к быстрому износу оборудования.

Поэтому разработка технологии и оборудования, позволяющих снизить энергетические затраты на процесс термомодифицирования является актуальной задачей [1]. В связи с этим была предложена и исследована возможность проведения процесса в среде топочных газах [2]. Схема разработанной технологии

показана на рис. 1.

Термомодификация древесины осуществляется следующим образом. В камеру 1 через открытую крышку 2 загружаются отходы деревообработки, затем крышка 2 закрывается, а предварительно высушенный пиломатериал 3 загружается в камеру модифицирования 4 через открытые ворота 5, после чего они плотно закрываются. Пиломатериал для предварительной сушки 6 загружается в сушильную камеру 7 через открытые ворота 8, которые после загрузки также плотно закрываются. Далее осуществляется процесс газификации отходов деревообработки в камере 1, и образовавшийся в результате синтез-газ поступает в камеру дожига 9, где происходит дожигание синтез-газа с коэффициентом избытка воздуха $0,95 - 1$ с образованием топочных газов. После этого топочные газы с температурой $600 - 700^\circ\text{C}$ при помощи вентилятора 10 поступают в кожухотрубчатый теплообменный аппарат 11. В нем происходит понижение температуры топочных газов до $200 - 240^\circ\text{C}$, далее охлажденные топочные газы с заданной температурой поступают в камеру модифицирования 4. В этот момент шиберную заслонку 12 оставляют открытой, а шиберную заслонку 13 закрывают для того, чтобы топочные газы из теплообменного аппарата 11 не уходили в атмосферу. Процесс

модифицирования осуществляется постепенным нагревом древесины до температуры $200 - 240^\circ\text{C}$ в зависимости от необходимой степени модифицирования и последующей выдержкой при этой температуре в течение 5-7 часов до приобретения древесиной заданных свойств. Температуру в камере регулируют шиберными заслонками 12 и 13. Отработанные топочные газы из камеры 4 удаляются через патрубок 14.

После окончания процесса термомодифицирования, шиберную заслонку 12 полностью закрывают, а шиберную заслонку 13 полностью открывают и топочные газы по трубе 15 отводятся в атмосферу - начинается стадия охлаждения древесины. Для интенсификации охлаждения древесины в камеру модифицирования 4 через форсунки 16 диспергируется вода из центрального водопровода открытием крана 17.

Излишняя тепловая энергия, отводимая при охлаждении топочных газов в теплообменном аппарате 11, на протяжении всего процесса передается в сушильную камеру 7 с помощью водяного калорифера 18 и циркуляционного насоса 19 для предварительной сушки пиломатериалов перед термомодифицированием.

После охлаждения пиломатериала до 100°C производится его выгрузка из камеры модифицирования 4.

Нижний предел коэффициента избытка воздуха,

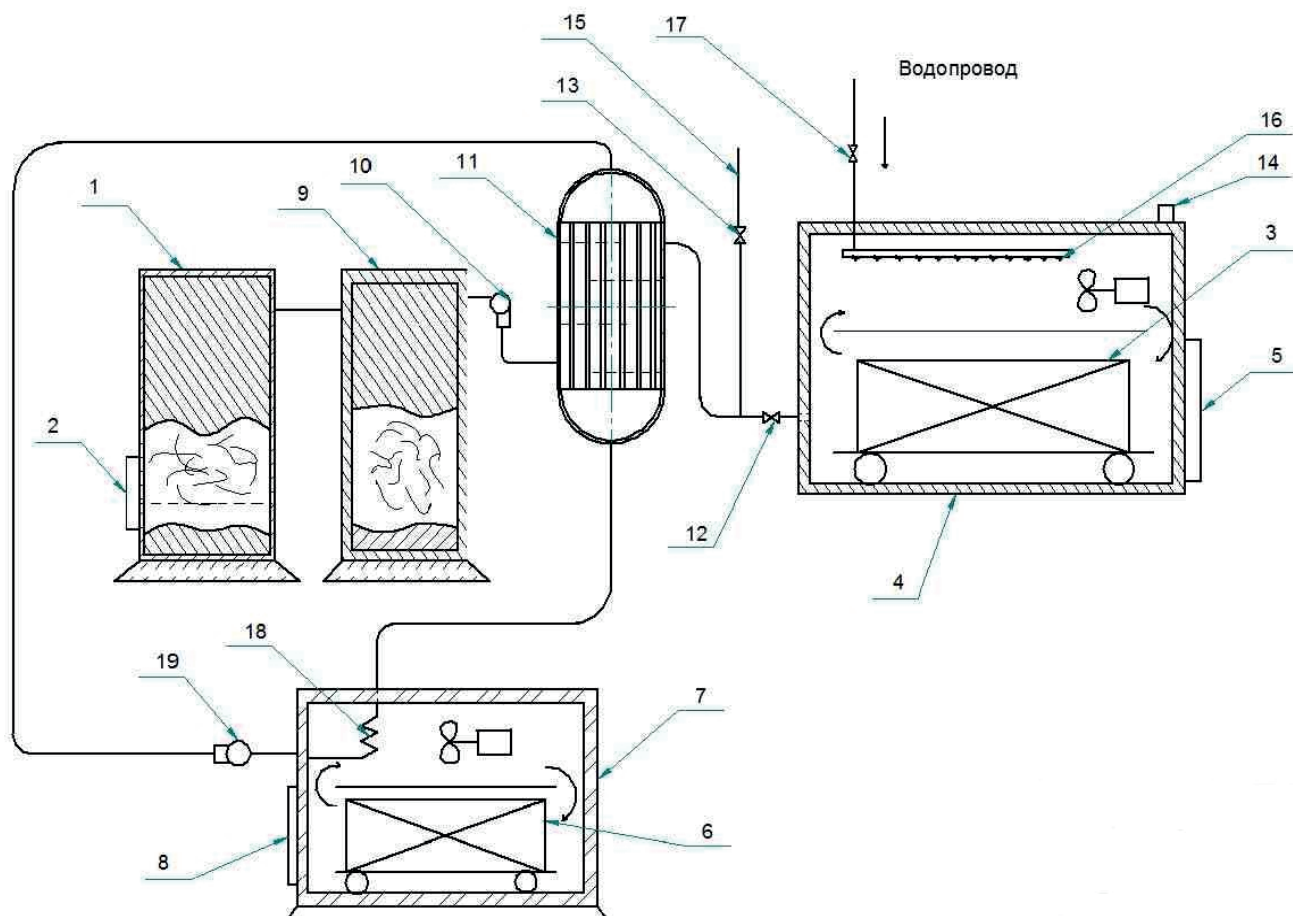
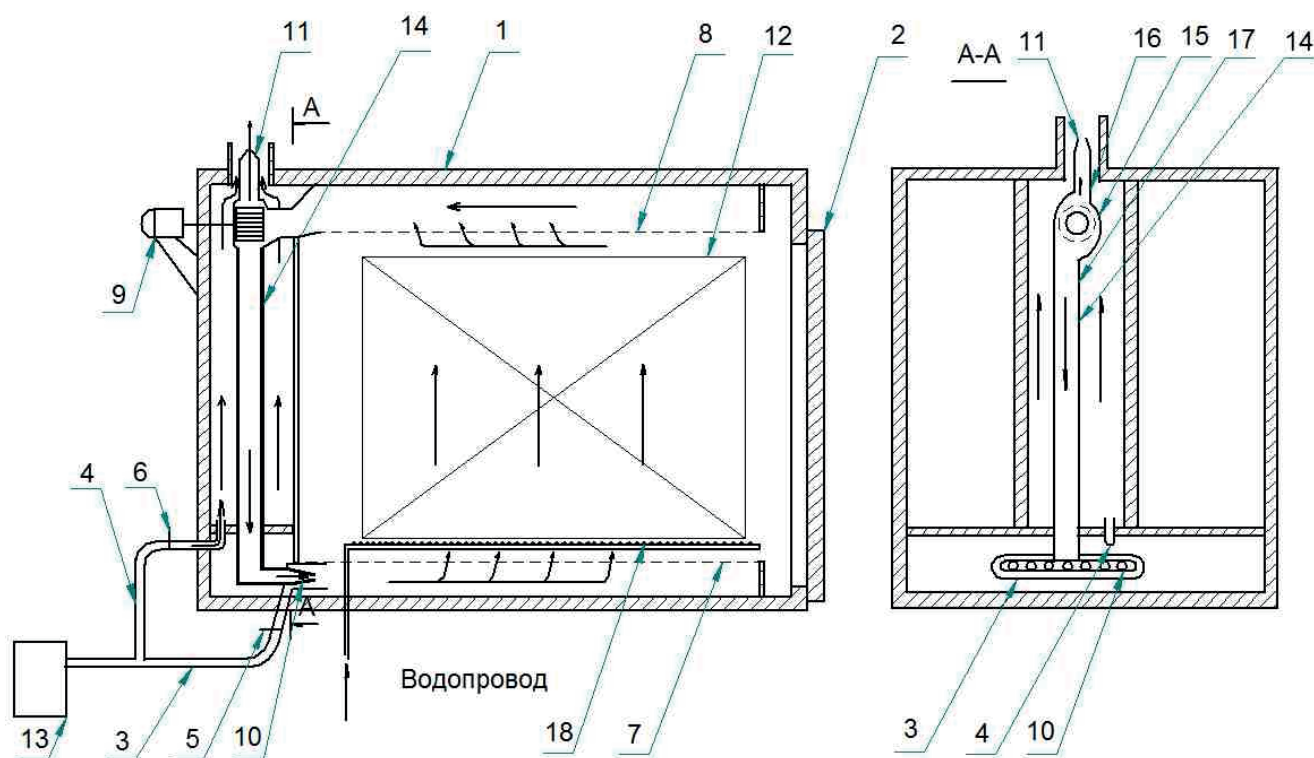


Рис. 1. Схема процесса термомодифицирования древесины в среде топочных газов

характеризующего количество подаваемого кислорода в процессе горения, принимается равным 0,95, поскольку меньшее значение коэффициента приводит к нерациональному использованию системы дожига. Верхний предел коэффициента избытка воздуха принимается равным 1, поскольку большее количество кислорода, поданного в камеру, не полностью участвует в процессе горения и, как следствие, непрореагировавший кислород, попадая в камеру термомодифицирования, может вызвать тление или воспламенение обрабатываемой древесины.

Схема камеры термомодифицирования пиломатериалов в среде топочных газов представлена на рис. 2. После загрузки пиломатериалов в камеру 1 створки 2 плотно закрываются и начинается подача дымовых газов из топки 13 в камеру через первый газоход 3. Для этого шиберную заслонку 5 открывают, а шиберную заслонку 6 оставляют закрытой. В нижней части камеры 1 в зоне первого газохода 3, установлен эжектор 10, который предназначен для создания разрежения и подсоса дымовых газов из топки 13. Дымовые газы из

топки 13 через первый газоход 3 подаются в область фальш-пола 7 и через его перфорацию поступают во внутреннюю часть камеры для проведения первоначального процесса высокотемпературной сушки, который осуществляется при температуре 105 – 130 °С. Далее дымовые газы, прошедшие через штабель пиломатериалов 12, поступают через перфорацию фальш-потолка 8 в газоход 14. Циркуляция дымовых газов в указанном внутреннем аэродинамическом контуре осуществляется при помощи центробежного вентилятора 9. Вентилятор 9 имеет специальный кожух-улитку 15, снабженную двумя выходами 16 и 17. Меньший газовый поток направляется на выход 16 для выброса в атмосферу через эжектор 11, способствующий подсосу дымовых газов из топки 13. Большой газовый поток направляется на выход 17, а затем в газоход 14 для циркуляции во внутренней области камеры 1. На выходе газохода 14 установлен эжектор 10, создающий разрежение в этой области и способствующий подсосу дымовых газов из топки 13 по первому газоходу 3 во внутреннюю область камеры 1.



Фиг.1

Рис. 2. Схема камеры для термомодифицирования древесины в среде топочных газов

После сушки материала до абсолютно сухого состояния температуру в камере 1 повышают до 160 – 170 °С для начала процесса термомодифицирования. При этом концентрацию дымовых газов в камере 1 доводят до высокого уровня 95 – 100 объемных %. В топке 13 ведут постоянный контроль за подачей кислорода, с целью недопущения его попадания в рабочую область камеры 1 во избежание обугливания и возгорания древесного материала 12. По достижении температуры 160 – 170 °С доступ дымовых газов в камеру 1 прекращается путем перекрытия шиберной заслонки 5. При этом шиберную заслонку 6 открывают. Дальнейший нагрев парогазовой смеси, циркулирующей в рабочей полости камеры 1, осуществляется путем теплопередачи через стенку газохода 14 до достижения в камере 1 температуры 180 – 220 °С. После достижения необходимого температурного режима древесина выдерживается в течении 3 – 5 часов в зависимости от необходимой степени термической обработки. После окончания процесса термомодифицирования древесный материал охлаждается до 100 °С путем диспергирования воды в камеру 1 через форсунки водопровода 18. Далее охлажденную древесину выгружают из камеры через открытые створки 2.

Значение переходной температуры равно 160 – 170 °С объясняется тем, что более высокая температура в камере при неконтролируемом содержании кислорода

в топке может привести к окислению и обугливанию древесного материала, а при более низкой температуре увеличивается продолжительность стадии повышения температуры до требуемого значения вследствие снижения интенсивности теплоподвода за счет теплопередачи через стенки газохода по сравнению с прямым нагревом дымовыми газами.

Нижний предел температуры дымовых газов, принимается равным 180 °С, поскольку более низкие температуры не позволяют добиться необходимой степени модифицирования. Верхний предел температуры топочных газов в камере термомодифицирования, принимается равным 220 °С, поскольку более высокие температуры могут привести к неконтролируемому разложению древесины (пиролизу).

Список литературы

1. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский// – М.: Лесн. пром-ть, 1981. – 304 с.

2. Сафин, Р.Р. Снижение расхода энергии на проведение процессов сушки древесины посредством вакуумно-конвективной технологии / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Гильмиев, Ф.Г. Валиев// Деревообрабатывающая пром-ть. – 2008, №5, С.22-23.

Р.Р. Сафин – д-р техн. наук, проф., зав. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины Казанского национального исследовательского технологического университета, cfaby@mail.ru; **Е.Ю. Разумов** – канд. техн. наук, доц. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ.

УДК 674.047

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ОЦИЛИНДРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ГИДРОФИЛЬНЫХ ЖИДКОСТЯХ

А.Г. Наумов

Разработана экспериментальная установка осциллирующей сушки массивной древесины в гидрофильных жидкостях. Проведенные исследования позволили разработать новую технологию качественной энергосберегающей сушки крупномерной древесины применительно к деревянному домостроению.

Ключевые слова: сушка, вакуум, гидрофильная жидкость

The working out experimental oscillation drying of massive wood in hydrophilic liquids is developed. Carried out researches have allowed to develop new technology qualitative energy-protect drying large wood with reference to wooden housing construction.

Keywords: drying, vacuum, hydrophilic liquid

Для жителей России в настоящее время самой актуальной является проблема жилья. Несмотря на существенный рост строительства в последние годы, жилищная проблема далека от решения. Поэтому не-

обходимы технологии, позволяющие существенно сократить сроки возведения жилья, особенно это касается малоэтажного домостроения.

В последнее время строительство деревянных

малозэтажных домов в основном осуществляют из оцилиндрованного бревна. Однако традиционная технология строительства домов из оцилиндрованного бревна имеет недостатки, которые тормозят весь процесс. К числу таких недостатков можно отнести использование естественной сушки бревен, которая, ввиду особой геометрии бревна, не позволяет производить удаление влаги без продольного трещинообразования. Учитывая качество, не надо забывать и о низкой био- и огнестойкости высушенных бревен, что снижает эстетический вид, значительно сокращает их срок службы и увеличивает риск возникновения пожаров в домах построенных данным способом. Кроме того, существенная продолжительность процесса, которая порой достигает двух месяцев, приводит к большим тепловым потерям и, соответственно, энергозатратам.

В то же время известна технология сушки массивной древесины в гидрофильных жидкостях, в качестве которых могут выступать антисептические и антипиренные растворы различных солей, что позволяет проводить одновременную сушку-пропитку [1]. Однако данная технология не нашла широкого использования, вследствие достаточно высокой продолжительности процесса.

С целью устранения перечисленных недостатков были проведены исследования осциллирующей сушки оцилиндрованных бревен в гидрофильных жидкостях.

Для этого была создана экспериментальная сушильная установка для исследования осциллирующей сушки-пропитки крупномерной массивной древесины в растворе поваренной соли, схема которой представлена на рис. 1.

Данная установка представляет собой герметичную цилиндрическую обечайку 1 с крышкой 2. Для передачи теплоты от теплоносителя к сушильному агенту используется масляная рубашка 3. Нагрев теплоносителя происходит в емкости 4.

Циркуляция горячего теплоносителя между нагревательной емкостью 4 и теплоиспользующим аппаратом 1 (вакуумная сушилка) осуществляется с помощью циркуляционного насоса 5. Внутреннее пространство корпуса 1 сообщено с вакуумным насосом 6 с помощью патрубка 7, с резервуаром для гидрофильной жидкости 8 через вентиль 9, а с атмосферой – через патрубок 11. Гидрофильная жидкость закачивается в камеру 1 при помощи насоса 12.

Установка работает следующим образом. После помещения в камеру 1, оцилиндрованного бревна 13, камеру герметизируют с помощью крышки 2. При открытом вентиле 9 с помощью насоса 12 подают агент сушки, в качестве которого при проведении экспериментальных исследований выступал раствор поваренной соли. Нагретое масло с помощью насоса 5 циркулирует в масляной рубашке 3 и нагревает гидрофильную жидкость до заданной температуры. Одновременно происходит процесс нагрева древесины в камере. После завершения стадии нагрева гидрофильная жидкость из камеры 1 самотеком сливается в резервуар 8, и начинается стадия вакуумирования. Для этого включают вакуумный насос 6. Выдержка под вакуумом производится до снижения температуры в центре материала до заданного значения. Цикл «прогрев-вакуумирование» повторяют несколько раз до достижения постоянной влажности древесины.

В качестве модельных материалов для экспериментальных исследований осциллирующей сушки в гидрофильных жидкостях были взяты образцы различных пород древесины (сосна, ель, пихта и береза), диаметром 180-200 мм. Процесс нагрева проводился при температуре 353 К, на стадии вакуумирования абсолютное давление составляло 20 кПа.

По полученным результатам экспериментальных исследований предложенной вакуум-осциллирующей сушки древесины в гидрофильных жидкостях были построены кривые сушки (рис. 2).

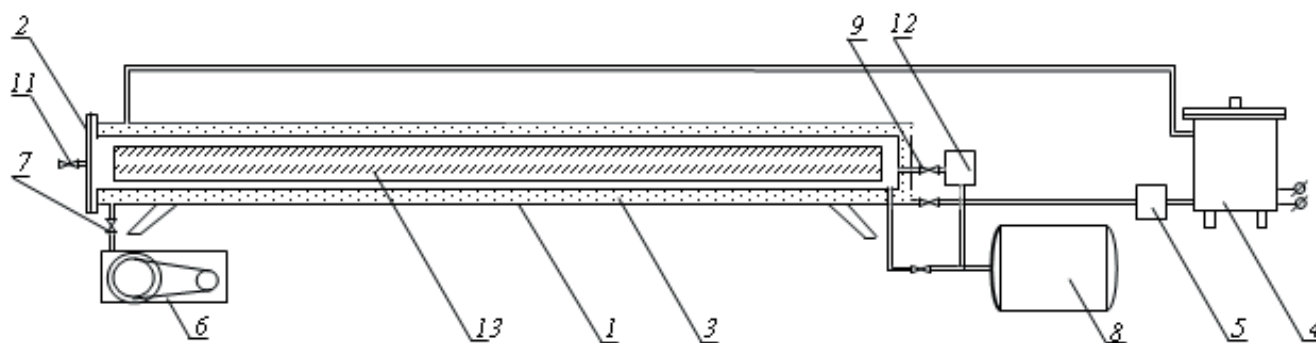


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 – цилиндрическая обечайка; 2 – крышка; 3 – масляная рубашка; 4 – нагревательная емкость; 5 – циркуляционный насос; 6 – вакуумный насос; 7 – патрубок; 8 – резервуар для жидкости; 9 – вентиль; 11 – патрубок; 12 – насос; 13 – оцилиндрованное бревно

Из представленных зависимостей видно, что скорость сушки древесины ранее известным способом значительно ниже, чем при использовании осциллирующей технологии.

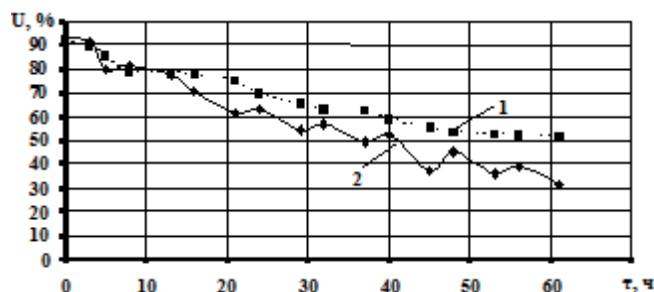


Рис. 2. Кривые сушки древесины в гидрофильных жидкостях:

1 – традиционная сушка в гидрофильных жидкостях; 2 – осциллирующая технология сушки

Математическая обработка результатов экспериментальных исследований позволила определить минимальную разницу температур на стадиях прогрева и вакуумирования при осциллирующей сушке древесины в гидрофильных жидкостях, обеспечивающую на стадии вакуумирования удаление влаги, поглощенной древесиной при её прогреве в жидкости (рис. 3).

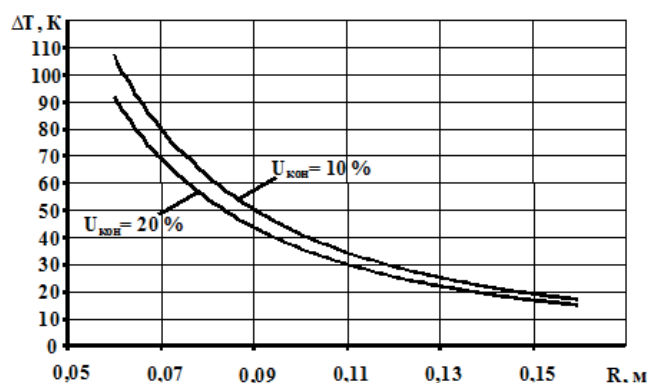


Рис. 3. Минимально необходимая разница температур на стадиях нагрева и вакуумирования.

Таким образом, для возможности сушки оцилиндрованных бревен, применительно к деревянному домостроению (минимальный диаметр бревен 180 мм),

до значений конечной влажности 10 % и 20 % разница температур на стадиях прогрева и вакуумирования должна составлять более 50 К.

Отсюда, принимая на стадии вакуумирования температуру равной 293 К, температура жидкости на стадии прогрева должна составлять 353 – 363 К, что соответствует нормальным режимам конвективной сушки древесины и не вызывает снижения физико-механических свойств материала.

При увеличении диаметра высушиваемых бревен необходимая разница температур на стадиях нагрева и вакуумирования уменьшается. Кроме того, результаты экспериментов указали на рост значения влагосъема за один цикл «прогрев-вакуумирование» при возрастании диаметра высушиваемых бревен, что объясняется существенным повышением количества аккумулированной тепловой энергии на стадии нагрева при незначительном увеличении площади поверхности материала. Сопоставительный анализ предложенной технологии осциллирующей сушки древесины в гидрофильных жидкостях в сравнении с традиционными конвективными способами свидетельствует о снижении энергозатрат на сушку крупномерных древесных материалов в 1,3 раза за счет снижения продолжительности процесса и, как следствие, теплотер в окружающую среду.

Полученные результаты научной обработки экспериментальных данных по опытно-исследовательским процессам осциллирующей сушки в гидрофильных жидкостях позволяют расширить границы эксперимента для дальнейшего его изучения и определения рациональных режимных параметров данного процесса.

Список литературы

1. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский // – М.: Лесн. пром-ть, 1981. – 304 с.
2. Сафин, Р.Р. Снижение расхода энергии на проведение процессов сушки древесины посредством вакуумно-конвективной технологии / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Гильмиев, Ф.Г. Валиев// Деревообрабатывающая пром-ть. – 2008, №5, С. – 22-23.

А.Г. Наумов – директор ООО «СтройТранс-Поволжье», г. Йошкар-Ола, aleksstroy@mail.ru.

УДК 66-97

УСТАНОВКА ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В СИНТЕЗ-ГАЗ

Н.Ф. Тимербаев, Р.Г. Сафин

Проведен анализ современного состояния рынка топливной промышленности. В статье рассмотрен вопрос образования отходов лесной промышленности и способы утилизации данных отходов. Описана установка по переработке древесных отходов в синтез-газ.

Ключевые слова: сжигание, газификация, пиролиз, древесный уголь, водяной пар, синтез-газ

The analysis of a current state of the market of fuel industry is carried out. In article the question of formation of a waste of the wood industry and ways of utilization of this waste is considered. Installation on processings of a wood waste in synthesis gas is described.

Keywords: burning, gasification, pyrolysis, charcoal, water vapor, synthesis gas

Отходы лесозаготовок, лесопиления и деревообработки являются одной из наиболее серьезных и пока не решенных проблем лесного комплекса в РФ. Данные отходы составляют 65-70% от общей вырубаемой биомассы дерева, которая составляет до 200 млн. м³ ежегодно. Если учесть кору, сучья, хвою и листья, то потенциальный объем отходов фактически удваивается [1]. В настоящее время эффективная утилизация древесных отходов становится более актуальной в свете сохранения природной среды. В то же время любое предприятие отрасли заинтересовано в том, чтобы утилизация древесных отходов из статьи затрат перешла в статью доходов [2].

Одним из основных направлений утилизации древесных отходов является их использование для получения тепловой и электрической энергии. В последние годы энергетическое использование древесных отходов рассматривается как альтернатива традиционным видам топлива. Это связано с тем, что древесные отходы являются СО₂-нейтральными, имеют низкое содержание серы, относятся к возобновляемым источникам энергии. Все это привело к тому, что технологии получения энергии из древесных отходов в последние годы развиваются и совершенствуются [4].

Наиболее популярным и востребованным способом утилизации древесных отходов в нашей стране является сжигание с целью получения тепла. Этот способ более или менее оправдывает себя не только с экологической стороны (сжигание древесины более безопасно для окружающей среды, чем нефти и угля), но и с экономической: Россия имеет огромную территорию с жесткими климатическими условиями.

Есть еще несколько вариантов превращения ненужного мусора в топливо: переработка в древесный уголь или в генераторный газ. В первом случае древесина подвергается пиролизу, т.е. нагревается без доступа кислорода. Произведенный таким образом уголь находит свое применение не только в быту, но и в промышленности. Газификация древесного угля

позволяет получить синтез-газ высокой степени чистоты, который в дальнейшем может использоваться в производстве бензина и дизельного топлива [4, 5], тем самым, решить проблему XXI века, связанную с ограниченными запасами горючих ископаемых, в особенности нефти. С экологической точки зрения процесс газификации практически безопасен для окружающей среды: в атмосферу не попадает никаких вредных выбросов. Единственным источником отходов служит зола [6].

Была разработана установка по переработке древесных отходов в синтез-газ. Технология получения синтез-газа из древесных отходов состоит из следующих операций: загрузка сырья, сушка древесных отходов, их нагрев, пиролиз, паровая конверсия древесного угля и сепарация пиролизных газов.

Сушка древесных отходов осуществляется в сушильной камере, представляющей собой цилиндрическую камеру с расположенной внутри перфорированной обечайкой, образующей со стенкой корпуса кольцевой канал. В камере древесные отходы конвективно сушатся топочным газом при температуре 180 - 150°C, который подается через эжектор в кольцевой канал. Отработанный сушильный агент отводят через перфорированную цилиндрическую вставку 8. С помощью дымососа 3, эжектора 9 и задвижки 4 организуется рециркуляция сушильного агента с заданной кратностью.

Высушенные древесные отходы поступают в камеру нагрева, которая представляет собой шнековый питатель, снабженный нагревательной рубашкой 11 и обогреваемый топочными газами, поступающими из топки. При температуре 250-450°C древесные отходы непрерывно нагреваются, соприкасаясь со стенками камеры нагрева.

Далее, нагретые до температуры 350°C, отходы поступают в зону пиролиза, которая представляет собой цилиндрическую обечайку 12. При данной температуре древесные частицы начинают нагреваться за счет

внутренней энергии, их температура возрастает до 700°C. В результате происходит разложение древесных отходов на древесный уголь и пиролизный газ.

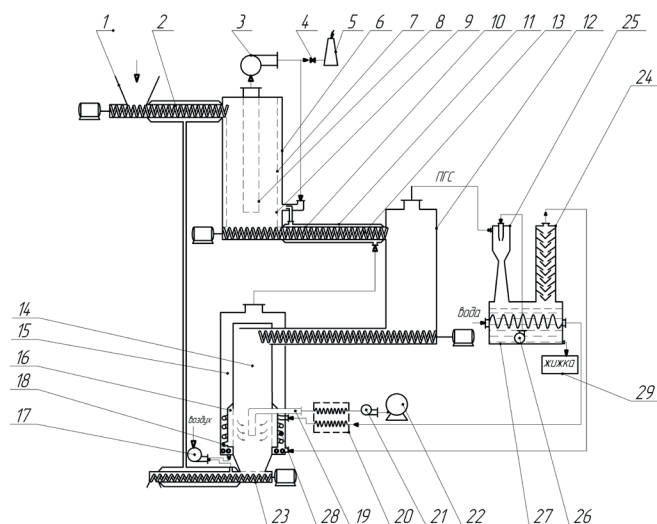


Рис.1. Схема установки по переработке древесных отходов в синтез-газ

1 – бункер щепы; 2 – шнековый питатель; 3 – дымосос; 4 – задвижка; 5 – газотвод; 6 – сушильная камера; 7 – перфорированная обечайка; 8 – перфорированная вставка; 9 – эжектор; 10 – камера предварительного нагрева; 11 – нагревательная рубашка; 12 – камера пиролиза; 13 – шнековый питатель; 14 – камера газогенерации; 15 – топка; 16 – рубашка обогрева; 17 – воздуходувка; 18 – патрубок подачи водяного пара; 19 – патрубок отвода синтез-газа; 20 – рекуперативный теплообменник; 21 – компрессор; 22 – газгольдер; 23 – шнековый питатель для отвода золы; 24 – конденсатор смешения; 25 – каплеотбойник; 26 – насос подачи жижки; 27 – емкость конденсата; 28 – змеевиковый теплообменник; 29 – сборник жижки

Древесный уголь из камеры пиролиза шнековым питателем подается в камеру газогенерации 14, встроенную в топку 15 и дополнительно снабженную рубашкой обогрева 16. Обогрев осуществляется за счет сжигания несконденсировавшихся пиролизных газов, смешанных с воздухом, подаваемым в топку с помощью воздуходувки 17. Древесный уголь подвергается паровой конверсии, в результате чего образуется синтез-газ и зола. Паровая конверсия древесного угля осуществляется при температуре 700-1000°C за счет прохождения высокотемпературного пара через слой угля.

Подача водяного пара в камеру газогенерации осуществляется через патрубок 18, представляющий собой змеевиковый теплообменник, расположенный вокруг камеры газогенерации 14. Здесь происходит дополнительный прогрев водяного пара.

Отвод полученного синтез-газа из камеры газогенерации осуществляется через патрубок 19. Отведенный синтез-газ, проходя через рекуперативный теплообменник 20, отдает свое тепло на нагрев водяного пара

и с помощью компрессора 21 подается в газгольдер 22.

Отвод золы из камеры газогенерации осуществляется шнековым питателем 23.

Поступающий в топку 15 несконденсировавшийся газ предварительно проходит стадию сепарации пиролизных газов, который включает в себя конденсатор смешения 24, каплеотбойник 25, насос подачи жижки 26, емкость конденсата 27, змеевиковый теплообменник 28 и сборник жижки 29.

Из камеры пиролиза 12 парогазовая смесь температурой 400-500°C поступают в конденсатор смешения 24, где конденсация паров осуществляется оборотной жижкой, подаваемой насосом 26 из емкости 27 и охлаждаемой змеевиковым теплообменником 28. Несконденсировавшиеся газы поступают в каплеотбойник 25 для сепарации от капель жижки. Несконденсировавшийся газ поступает в топку 15, где окисляется воздухом предварительно подогреваемым от зольного остатка и подаваемым воздуходувкой 17. Избыточный конденсат отводится в сборник жижки 29.

Полученный таким способом синтез-газ не требует дополнительной очистки и может использоваться в производстве метанола или других химических веществ.

Список литературы

1. Быстров, А.Ф. Основы для эффективного использования древесных отходов деревообрабатывающего предприятия / А.Ф. Быстров, Э.С. Быстрова // *Деревообрабатывающая промышленность*. – 1999. – № 5.
2. Сафин, Р.Р. Анализ современного состояния лесопромышленного комплекса и перспективы его развития на базе кафедр лесотехнического профиля КГТУ / Р.Г. Сафин, Р.Р. Сафин // *Вестник казан. технол. ун-та*. – 2010. – №4. – С. 120-130.
3. Валеев, И.А. Использование древесных отходов в энергетическом хозяйстве [Текст] / В.А. Валеев, Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин, Р.Р. Хасаншин // *Научный потенциал мира: Тезисы докл. Международ. науч.-практич. конф.* – Днепропетровск, 2004. – С. 71-75.
4. Тимербаев, Н.Ф. Комплексная энерготехнологическая переработка древесных отходов с применением прямоточной газификации / Н.Ф. Тимербаев, // *Монография*. – Казань, КНИТУ 2011. – 245с.
5. Тимербаев, Н.Ф. Техника и технологии термической переработки отходов деревообрабатывающей промышленности: монография / Н.Ф. Тимербаев, Р.Г. Сафин, З.Г. Саттарова; М-во образ. и науки РФ, Казан. Гос. технол. ун-т. – Казань: КГТУ 2010. – 172 с.
6. Рамбуш, Н.Э. Газогенераторы / Н.Э. Рамбуш : перевод с англ. – М.: ГОНТИ, Редкая энергетическая литература, 1939. – 329 с.

УДК 674.04

ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭКСТРУЗИОННЫМ СПОСОБОМ

И.М. Галиев

Проведен анализ результатов исследований производства древесно-полимерного композиционного материала методом экструзии. Дано описание экспериментальной установки для производства ДПК.

Ключевые слова: древесина, экструзия, композиционный материал, экструдер, прочность, полимер, смешение

The analysis of the results of the study WPKM (The wood-polymer composite material) production by extrusion. A description of the experimental setup extruder to produce WPKM.

Keywords: wood, extrusion, composite material, extruder, strength, polymer, mixing

Древесно-полимерный композитный материал (ДПКМ) или древесно-полимерный композит (ДПК) - относительно новая, но отлично зарекомендовавшая себя разработка в области строительных материалов. ДПК сочетает в себе лучшие стороны древесины и пластика и при этом практически не имеет их недостатков. Исследования в области древесно-полимерных композитов велись многие десятилетия, но только сравнительно недавно были разработаны технологии и составы, позволяющие производить изделия из ДПК в промышленных масштабах [1, 2].

ДПК и изделия из него обладают большинством свойств обычной древесины, превосходя ее по многим параметрам. ДПК обрабатывается обычным инструментом, предназначенным для обработки древесины, в него можно вбить гвоздь или ввернуть шуруп. В то же время, изделия из ДПК не боятся влаги и вредителей, не требуют окраски, поверхность долгие годы сохраняет эстетичный внешний вид [3, 4]. Изделия из ДПК служат заменой древесины в домостроении, садовой архитектуре, изготовлении профиля для оконных и дверных конструкций, отделки интерьеров, полов дверей, столов, подоконников и даже мебели.

Основные составляющие ДПК - измельченная древесина, ее отходы и термопластичный полимер. Содержание древесины в ДПК может быть различным - чем ее больше, тем свойства такого материала ближе к натуральному дереву. Кроме того, в состав ДПК входят различного рода добавки для улучшения свойств композита. Дополнительно к древесине, могут использоваться различные наполнители - металл, стекло, пластик - для придания изделию особых свойств.

Изделия из ДПК могут изготавливаться различными способами. Основные из них это литье и метод непрерывной экструзии. Наибольшее распространение нашел способ экструзии, т.к. можно получать материалы различных конфигураций и размеров, а также увеличить количество древесного наполнителя.

Для получения ДПК разработана установка (рис.1), состоящая из одношнекового горизонтального экструдера



Рис.1. Внешний вид экспериментальной установки

дера и вальцовочной машины.

Экструдер включает в себя (рис.2):

- обогреваемый цилиндр, шнек и формующую головку;
- бункер для подачи сырья, объемом 3 л;
- систему нагрева для поддержания заданной температуры в процессе работы.

Цель и задачи исследования – определить зависимость физико-механических характеристик полученных образцов ДПК от содержания наполнителя и вида связующего.

Для проведения исследований использовались следующие компоненты:

связующие - ПВД 15813-020, ПВД 15313-003, ПВД 10803-020, ПЭ 2НТ 76-17 в количестве 25-75% от общей массы;

наполнитель - древесная мука марки 180 в количестве 20-70% от общей массы;

модифицирующие добавки: антиоксидант IRGANOX 1010, уменьшающий интенсивность

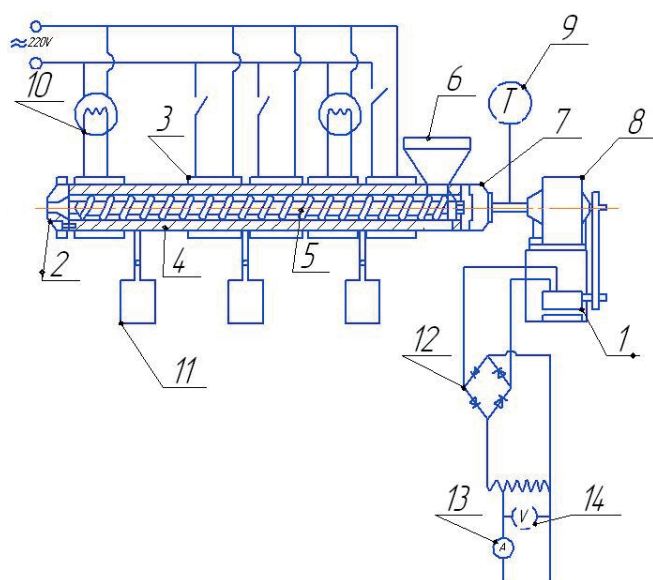


Рис.2. Схема одношнекового горизонтального экструдера:

1 - двигатель; 2 - экструзионная головка; 3- нагреватель корпуса; 4 - корпус; 5 - шнек; 6 - загрузочное устройство; 7 - упорный подшипник; 8- редуктор; 9 - тахометр; 10 - регулятор напряжения; 11 - мультиметр для измерения температуры; 12 - выпрямитель; 13 - амперметр; 14 - вольтметр

процессов деструкции и сшивания, и лубрикант BAEROLUB - смазывающий материал, улучшающий текучесть рабочей смеси и способствующий повышению производительности экструдера, в количестве 5% от общей массы.

Таблица 1. Соотношения компонентов ДПК

Марка поли- ме- ра Содер- жание др.муки, %	ПВД 15813- 020	ПВД 15313 -003	ПВД 10803- 020	ПЭ 2НТ 76-17
20		75%	75%	75%
30	65%	65%	65%	65%
40	55%	55%	55%	55%
50	45%	45%	45%	45%
60		35%	35%	35%
70		25%	25%	

На первом этапе проводилась подготовка древесного заполнителя, заключающаяся в его измельчении до размеров древесной муки и сушке до влажности менее 1%. Затем осуществлялось вальцевание с целью получения полуфабриката ДПК, который подавали в загрузочное устройство экструдера. Затем цилиндр нагревают до заданной температуры и приводят в движение шнек. Продвижение материала осуществляется вследствие разности значений силы трения ДПК о внутреннюю поверхность корпуса цилиндра и о поверхность шнека. Продвигаясь дальше, происходит подплавление

смеси, примыкающей к поверхности цилиндра. Расплав постепенно накапливается и воздействует на убывающую по ширине пробку. Поскольку глубина нарезки шнека уменьшается по мере продвижения материала, то возникающее давление заставляет пробку плотно прижиматься к горячей стенке цилиндра, где и происходит плавление полимера.

Соотношения компонентов представлены в таблице.

Результаты проведенных исследований на прочность полученных образцов представлены на рисунке 3.

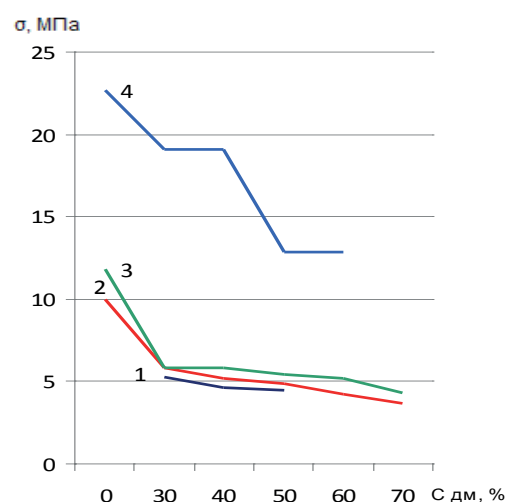


Рис. 3. Зависимость прочности ДПК от содержания наполнителя $C_{дм}$ и вида связующего:

1 – ПВД 15813-020; 2 - ПВД 15313 -003; 3 - ПВД 10803-020; 4 - ПЭ 2НТ 76-17

Из графика видно, что наиболее прочными оказались образцы, на основе ПЭ 2НТ 76-17 и максимальную прочность среди них имели образцы с содержанием древесины 20 %. Снижение прочности с увеличением количества древесного наполнителя характерно и для всех остальных образцов.

Список литературы

1. Иванчев, С.С. Полимеризационное наполнение методом радикальной полимеризации как способ получения композиционных материалов / С.С. Иванчев, А.В. Дмитриченко // Успехи химии. 1982. Т. 51. вып. 7. С. 1178-1200.
2. Сафин, Р.Р. Выбор оптимального варианта технологического оборудования для деревообрабатывающего производства / Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова, А.Т. Сабиров, Е.Ю. Разумов // Деревообрабатывающая пром-ть. – С. 22-25.

3. Зиятдинова, Ю.Н. Повышение прочности композиционных материалов, созданных на основе модифицированной древесины / Ю.Н. Зиятдинова, Ф.Г. Валиев, Р.Р. Хасаншин, А.Н. Николаев // Вестник Казан. технол. ун-та. – 31-35 с.

4. Хасаншин, Р.Р. Термическая обработка древесного наполнителя в производстве композиционных материалов / Р.Р. Хасаншин, В.А. Лашков, Р.Р. Сафин, Ф.Г. Валиев // Вестник Казан. технол. ун-та. – 150-154с.

И.М. Галиев – инженер ООО «Опытно-конструкторское бюро «Прогресс», г. Казань, galievim@rambler.ru.

УДК 691-419.8

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДРЕВЕСНО-НАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.Р. Галяветдинов

Исследована возможность повышения эксплуатационных характеристик композиционного материала путем обработки древесного наполнителя методом термомодификации. Выявлены рациональные температурные режимы термической обработки древесного наполнителя.

Ключевые слова: композит, древесина, отходы

The possibility of improving the performance of the composite material by treatment with wood filler method thermomodification. Revealed reasonable temperature regimes of heat treatment of wood filler.

Keywords: composition, wood, wastes

Одной из наиболее острых экологических проблем в настоящее время является загрязнение окружающей природной среды отходами производства и потребления [1]. Рациональное решение данной проблемы зависит от ряда факторов: вещественного состава отходов, их агрегатного состояния, количества, технологических особенностей и т.д. Наиболее эффективным решением проблемы промышленных отходов является внедрение безотходной технологии. Создание безотходных производств осуществляется за счет принципиального изменения технологических процессов и разработки систем с замкнутым циклом, обеспечивающих многократное использование сырья. При комплексном использовании сырьевых материалов промышленные отходы одних производств являются исходными сырьевыми материалами других. Важность комплексного использования сырьевых материалов можно рассматривать в нескольких аспектах. Во-первых, утилизация отходов позволяет решить задачи охраны окружающей среды. Во-вторых, отходы в значительной степени покрывают потребность ряда перерабатывающих отраслей в сырье. В-третьих, при комплексном использовании сырья снижаются удельные капитальные затраты на единицу продукции и уменьшается срок их окупаемости.

Из отраслей потребителей промышленных отхо-

дов наиболее емкой является промышленность строительных материалов. Установлено, что использование промышленных отходов позволяет покрыть до 40% потребности строительства в сырьевых ресурсах. Применение промышленных отходов позволяет на 10 – 30% снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с их производством из природного сырья, экономия капитальных вложений достигает 35 – 50%. Существует большой класс композитных материалов, в состав которых входят в том или ином виде древесные материалы. Помимо получения материалов с новыми эксплуатационными свойствами производство древесных композитов позволяет экономно использовать древесину, поскольку при этом используется большое количество древесных отходов от других производств.

Композиционные материалы, изготовленные на основе различных целлюлозосодержащих (главным образом, древесных) наполнителей в смеси с синтетическими или минеральными вяжущими являются не только основными материалами для мебельной промышленности, строительства и других отраслей, но и неотъемлемым звеном в системе комплексной переработки древесины, причем это характерно не только для России, но и для всего мира в целом. Производство композиционных материалов является универсальным

и совершенным с точки зрения возможностей использования и переработки сырьевых ресурсов, поскольку имеется возможность использования широкого спектра сырья различных размеров и сортов.

Одним из основных способов решения указанной проблемы является технология изготовления древесно-наполненных композиционных материалов на основе цемента – арболита. Однако физико-механические характеристики указанного материала не всегда удовлетворяют необходимым требованиям, а кроме того, с течением времени могут ухудшаться, что особенно касается прочностных характеристик. Поэтому нами была предложена технология производства арболита, в котором предварительно высушенные древесные частицы, выступающие в роли заполнителя, перед обработкой в разрядной камере проходят термическое модифицирование контактно-конвективным способом в среде топочных газов без доступа кислорода воздуха при температуре 190–200 °С в течение 50–60 мин [2], что позволяет снизить гигроскопичность древесных частиц, соответственно препятствует развитию давления набухания в процессе эксплуатации и, как следствие, улучшает эксплуатационные свойства арболита. Применение данной технологии позволяет расширить область применения композиционного материала без существенного снижения его физико-механических характеристик в процессе его эксплуатации.

Установка состоит из расходной емкости с измельченным древесным наполнителем, устройства термического модифицирования древесных частиц, емкости для замачивания частиц заполнителя, смесителя, дозаторов воды, цемента, песка, химических добавок, формовочной станции, пресса и устройства термической обработки.

Устройство термического модифицирования включает камеру сгорания (топку) и барабанную камеру термомодифицирования.

Способ изготовления арболита, осуществляется следующим образом. Частицы предварительно высушенного древесного заполнителя из расходной емкости через трубу со шлюзовым затвором подают в камеру термомодифицирования, в которой в качестве агента обработки используют топочные газы. Топочные газы с температурой 900 – 1000 °С из топки поступают в теплообменник, в котором охлаждаются до температуры 180 – 220 °С, после чего подаются в камеру термомодифицирования. Передача тепла измельченной древесине в барабане осуществляется путем конвекции и непосредственного контакта материала со стенками и деталями внутреннего устройства барабана. Температура отработанного газа на выходе из барабана составляет 150–180 °С. Далее дымосос направляет смесь газа с термически обработанной стружкой в циклон-отделитель, после которого частицы древесного заполнителя через трубу с шлюзовым затвором подают в бункер для термомодифицированной стружки.

Арболитовую смесь приготавливают в смесителе,

в который предварительно загружают древесный заполнитель, растворы химических добавок, воду. Продолжительность перемешивания составляет не менее 180 с.

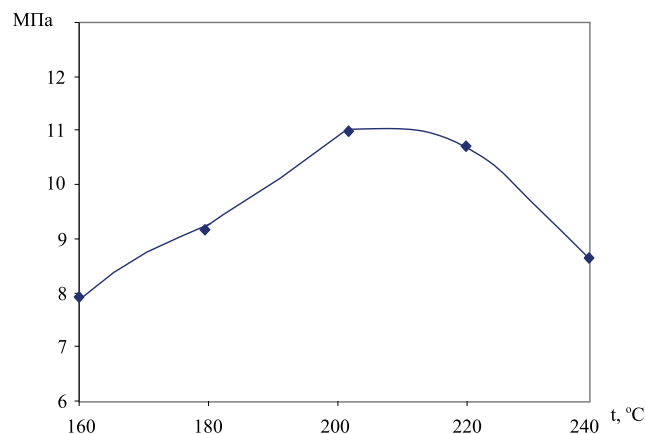


Рис. 2. Кривая изменения предела прочности на сжатие в зависимости от температуры обработки древесного заполнителя

Далее изделие формируют, уплотняют на прессе и подвергают выдержке в тепловой камере.

Подготовленные таким образом образцы арболита были выдержаны во влажных условиях в течение 30 суток и далее исследованы на предел прочности на сжатие. Результаты исследований представлены в виде кривой, представленной на рис. 1, из которой видно, что максимальные значения предела прочности на сжатие приходятся на температуру обработки древесных частиц в интервале 190 – 210 °С.

Также установлено, что увеличение прочности материала прямо пропорционально зависит от толщины прослойки связующего.

Таким образом, можно сделать вывод, что более низкая температура обработки в процессе выдержки во влажной среде приводит к развитию давления набухания древесных частиц и, как следствие, снижению предела прочности композиционного материала на сжатие. Оптимальной температурой для термической обработки является температура в интервале 190–210°C, которая способствует к существенному снижению давления набухания, а также приводит к увеличению прочности арболита на сжатие. Более высокие температуры обработки вызывают значительный химический распад древесинного вещества, что приводит к снижению прочности самого древесного наполнителя и впоследствии к снижению предела прочности арболита.

Список литературы

1. Быстров, А.Ф. Основы для эффективного использования древесных отходов деревообрабатывающего предприятия / А.Ф. Быстров, Э.С. Быстрова // Деревообрабатывающая промышленность. – 1999. – № 5.

2. Сафин Р.Р. Термомодифицирование древесины в среде топочных газов / Р.Р. Сафин [и др.] // Лесной вестник. – 2010. – № 4. – С. 95 – 99.

Н.Р. Галяветдинов – канд. техн. наук, инженер ООО «ИнвестСтрой-Технологии», г. Чебоксары, nour777@mail.ru.

Уважаемые авторы журнала!!!

Макет журнала двухколоночный, все подготовленные к изданию статьи, должны соответствовать всем требованиям к оформлению.

Параметры страницы:

- верх – 3 см;
- низ – 1,8 см;
- левое поле – 1,8 см;
- правое поле – 1,8 см.

Основной размер шрифта статьи – 10,5, через 1 интервал (ключевые слова, аннотации оформляются кеглем 10).

Абзац – 0,5 см.

Размер рисунков:

- ширина – не более 17,5 см;
- высота – не более 12 см.

Название рисунков: шрифт – Arial кеглем 8 полужирный, выравнивание по ширине.

Размер таблицы не должен превышать 17,5×12 см.

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

При оформлении представляемых к публикации материалов необходимы следующие документы (по 1 экз.):

- экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати;
- УДК;
- сведения об авторах: фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, полное название учреждения, организации, предприятия; e-mail; телефон для связи.
- аннотации на английском и русском языках;
- ключевые слова (на русском и английском языках).

Редакция журнала оставляет за собой право редактирования рукописей!!!

Уважаемые рекламодатели!

Требования к рекламным модулям смотрите на сайте журнала www.dop1952.ru.
По вопросам размещения рекламы обращайтесь по телефону: 8-902-329-8098.

Казанский национальный исследовательский технологический университет



Казанский национальный исследовательский технологический университет - один из старейших вузов столицы Татарстана. Его история началась с образования в 1890 году Казанского соединенного промышленного училища. В 1919 году это учебное заведение было преобразовано в Казанский политехнический институт, а в 1930 году на базе химического факультета политехнического института и химического факультета Казанского государственного университета был создан Казанский химико-технологический институт (КХТИ). В 1992 году КХТИ им. Кирова получил новый статус – университета и стал называться – Казанский государственный технологический университет (КГТУ).

В 2010 году в отношении КГТУ установлена категория национального исследовательского университета. С 2011 года университет носит название Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ).

Адрес:

Российская Федерация, Республика Татарстан
420015, Казань, ул. К.Маркса, 68

Электронная почта отдела канцелярии и делопроизводства: office@kstu.ru

Internet адрес: www.kstu.ru

Телефон / Факс отдела канцелярии и делопроизводства: +7 (843) 238-56-94

Телефон отдела канцелярии и делопроизводства: +7 (843) 231-42-16

Телефон приемной комиссии: +7 (843) 236-78-33

Справочная вуза: +7 (843) 231-42-00

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Кафедра Архитектура и дизайн изделий из древесины

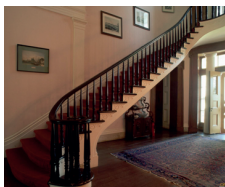
Направление 250400 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств

Кафедра готовит бакалавров и магистров для интенсивно развивающейся деревообрабатывающей и мебельной промышленности и является единственной в нашей республике, осуществляющей подобную профессиональную подготовку.



В ходе обучения студенты осваивают комплекс сведений о строении и свойствах древесины, современном состоянии технологии и техники деревообработки, знакомятся с основами трехмерного моделирования и автоматизированного проектирования изделий из древесины.

Подготовка ведется опытными специалистами высокой квалификации – докторами и кандидатами наук.



Лаборатории кафедры оснащены современным оборудованием. Студенты младших курсов привлекаются к научной и изобретательской деятельности, что обеспечивает поступление выпускников кафедры в аспирантуру и гарантирует успешную защиту кандидатской диссертации.



Направление 261400 Технология художественной обработки материалов

Технология художественной обработки включает совокупность средств, приемов, способов и методов для обработки различных материалов: черного и цветного металла, дерева, камня, стекла и пластика, с целью придания изделиям художественной ценности и потребительских свойств.



Выпускники кафедры наряду с техническим получают и художественное образование. Студенты на практических занятиях совершенствуют свои способности в рисовании, живописи, лепке; обучаются современным средствам компьютерной графики и технического дизайна.



Студенты также осваивают навыки обработки различных материалов: шелкографии, чеканки,ковки,огранки,гравировки,тиснения. Знакомятся с техническим дизайном, осваивают способы изготовления и тиражирования художественных изделий.



Выпускников ждет интересная работа на производстве и в научных изысканиях.



КОМПАНИЯ
МАСТЕР
Всё для деревообработки

С 2005 года на площади 2000 м.кв., компания «Мастер»
представляет всё для деревообработки.

Компания успешно развивается на рынке материалов, инструмента и
оборудования для производства изделий из массива дерева:
дверей, окон, мебели.

Широко представлена группа материалов для технологии
ламинирования и шпонирования дверей и мебели.

А также:

- красители Herberts, AkzoNobel, Oli-lacke;
- лаки НЦ, полиуретановые, растворители;
- клеи ПВА дисперсии;
- абразивы Mirka, Белгородского завода;
- ремонтные материалы Novarol;
- стекло, стеклорезы;
- пилы, ножи;
- измерительные приборы, влагомеры;
- ручной, электро и бензоинструмент;
- упаковка, скотч, стрейч;
- средства индивидуальной защиты;
- спецодежда;
- краски специального назначения;
- пленка ПВХ;
- шпон;
- метизы;
- оборудование для деревообработки
и мебельной промышленности.



AkzoNobel
Tomorrow's Answers Today



г. Йошкар-Ола, ул. Строителей, 95
тел.: 8 927 882 91 11, 8 (8362) 45-84-24, 43-03-69
e-mail: 32-91-11@mail.ru