

Дерево

ISSN 0011-9008

1/2014

обрабатывающая
промышленность

PONSSE



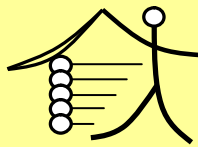
**МОЩНОСТЬ И КОМФОРТ
ГАРАНТИРУЮТСЯ**

PONSSE BUFFALO

Контакты региональных партнеров в
России и Республике Беларусь смотрите
на сайте www.ponsse.com

Лучший помощник на лесозаготовках
www.ponsse.com

Дерево символ
жизни и
благополучия

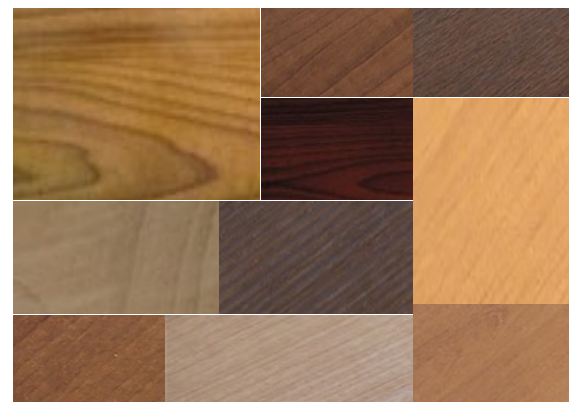


Чистота и сила
природы поражает

**«Научно-производственное
предприятие
«ТермоДревПром»**

Производство новых строительных и декоративных
материалов на основе термомодифицированной
древесины

- ✓ Массивная половая доска
- ✓ Фасадная доска
- ✓ Террасная доска
- ✓ Вагонка
- ✓ Клееный щит
- ✓ Клееный брус



Используемые породы древесины

Сосна, береза, дуб, ясень, бук

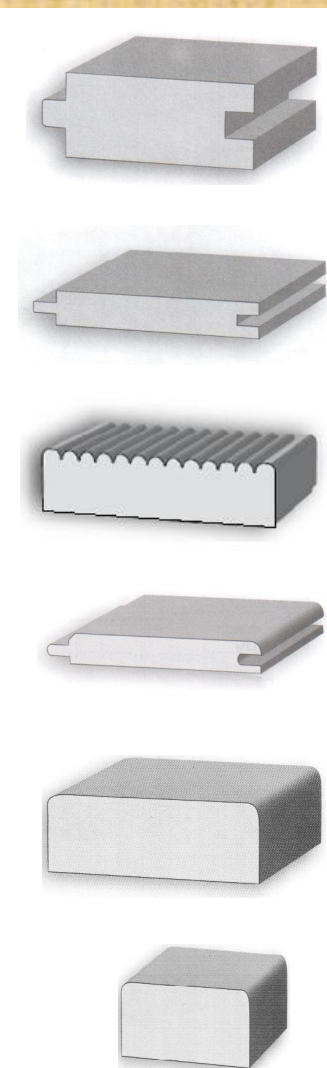
420089, г. Казань, Даурская, д. 41, оф. 3,
ООО «НПП «ТермоДревПром»

тел. +7 (843) 297-65-53

+7 (843) 231-89-42

www.npp-termodrev.ucoz.ru

e-mail: Olambis@rambler.ru



Дерево —

ISSN 0011-9008

обработка промышленность

1/2014

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

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

Основан в апреле 1952 г.

Редакционная коллегия:

главный редактор: д.т.н., проф. **Р.Р. Сафин**

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

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.с.н., проф. **Е.М. Романов**
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**
д.э.н., проф. **А.О. Блинов**
д.э.н., проф. **О.С. Рудакова**

Зам. главного редактора: ответственный за
международную ред. коллегию
doc.ing.CSc. **Stefan Barcik** (Czech University of Life
Sciences in Prague, Czech)

e-mail: barcik@fld.czu.cz, тел.: +420 725 730 248

Dr. prof. **Vlado Goglia** Univerzity of Zagreb, Croatia
Dr. prof. **Ruzica Beljo Lucic** Univerzity of Zagreb, Croatia
Dr. prof. **Nencho Delijski** University of Forestry, Bulgaria
Dr. prof. **Ladislav Dzurenda** Technical University, Slovakia
Dr. prof. **Etele Csanady** University of West Hungary
Dr. prof. **Alfred Teishinger Boku** University of Natural
Resources and Applied Life Sciences, Austria

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

Директор по рекламе
Жданов Сергей Николаевич
моб. тел.: 8-927-889-21-11
e-mail: 458424@mail.ru

Дизайн
Ерухимова
Анна Владимировна

«Деревообрабатывающая
промышленность», 2014

Свидетельство о регистрации
СМИ в Роскомпечати № 014990

Сдано в набор 15.02.2014.
Подписано в печать 20.02.2014.

Формат бумаги 60x88/8
Усл. печ. л. 8
Тираж 1800 экз. Заказ № 1324
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

Подписка:
journal_woodworking@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Итоги семинара «Автоматизация современного мебельного предприятия на платформе системы БАЗИС 8»</i>	3
--	---

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

<i>Н.Р. Галяветдинов, Ф.В. Назипова</i> Термическая обработка биомассы в производстве древесных топливных гранул с повышенной энергетической эффективностью	4
<i>С.И. Миронова, А.Л. Ковжина, С.С. Соколов</i> Исследование процесса эффекта снижения образования трещин на оцилиндрованном бревне из сосны при использовании масляно-восковых защитных составов «biofa» (германия)	7
<i>П. А. Кайнов, Ш.Р. Мухаметзянов, К.Е. Кузнецов</i> Организация воздушных потоков в вакуумно-конвективных сушильных камерах	10
<i>Р.Р. Хасанишин, Д.Р. Хазиева</i> Разработка математической модели термомодифицирования шпона	13
<i>Р.Р. Сафин, Р.В. Салимгараева</i> Исследование свойств древесно-полимерных композитов на основе термомодифицированного наполнителя	16
<i>Р.Р. Хасанишин, Р.В. Салимгараева</i> Математическое моделирование процессов термомодифицирования измельченной древесины в барабанной камере	18
<i>Е.А. Белякова, Т.А. Бодылевская, К.А. Бодылевский</i> Реструктурированный шпон из термомодифицированной древесины	22
<i>Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасанишин, Р.Р. Зиятдинов, Д.Р. Хазиева</i> Создание клееных изделий из термомодифицированного шпона	25

ПРОИЗВОДСТВО

<i>Р.Р. Сафин, Ю.П. Семёнов</i> Сушка и термовлажностная обработка древесных материалов	28
---	----

<i>Seminar proceedings «Computerization of contemporary furniture enterprise powered by BASIS 8»</i>	3
--	---

RESEARCH PUBLICATIONS

<i>N.R. Galyavetdinov, F.V. Nazipova</i> Thermal biomass processing when producing wood pellets with higher energy efficiency	4
<i>S.I. Mironov, A.L. Kovzhin, S.S. Sokolov</i> Research into the process of crack formation reduction on the rounded pine logs using oil- wax protective compounds «biofa» (Germany).....	7
<i>P.A. Kaynov, Sh.R. Mukhametzyanov, K.E. Kuznetsov</i> Air flotation control in convectional drying chambers	10
<i>R.R. Khasanshin, D.R. Khazieva</i> Development of mathematical thermally modified veneer	13
<i>R.R. Safin, R.V. Salimgaraeva</i> Research into the properties of wood-polymer composites based on Thermal filler	16
<i>R.R. Khasanshin, R.V. Salimgaraeva</i> Mathematical modeling of chopped wood thermal modification inside a drum chamber	18
<i>E.A. Belyakov, T.A. Bodylevskaya, K.A. Bodylevsky</i> Restructured veneer produced from thermally modified wood	22
<i>R.R. Safin, R.R. Khasanshin, R.R. Ziatdinov, D.R. Hazieva</i> Development of laminated items from thermally modified veneer	25

INDUSTRY

<i>R.R. Safin, Yu.P. Semenov</i> Drying and hydro-thermal processing of wood products	28
---	----

Итоги семинара «Автоматизация современного мебельного предприятия на платформе системы БАЗИС 8»

5 февраля в г.Казань состоялся семинар «Автоматизация современного мебельного предприятия на платформе системы БАЗИС 8», организованный ведущим разработчиком программного обеспечения для комплексной автоматизации мебельных предприятий фирмой Базис-Центр при поддержке Казанского национального исследовательского технологического университета.



Насыщенная программа семинара позволила подробно рассмотреть основные возможности системы БАЗИС 8, ее преимущества перед аналогичными разработками, методику и практические приемы автоматизированного проектирования мебели, принципы автоматизации мебельного производства. Он был устроен таким образом, чтобы участие в нем было максимально интересным и полезным самой широкой аудитории: от специалистов, давно и плодотворно работающих с системой БАЗИС, до потенциальных пользователей, аспирантов и студентов Университета.



Семинар вызвал неподдельный интерес у мебельщиков Республики Татарстан и близлежащих регионов и собрал широкий круг специалистов. Участники семинара активно обсуждали новые возможности системы БАЗИС, задавали вопросы, дискутировали и высказывали пожелания по развитию системы. Несомненным его достоинством стала возможность получить исчерпывающую информацию и профессиональные консультации непосредственно от разработчиков.

В целом мероприятие было проведено на самом высоком уровне благодаря поддержке руководства Казанского Национального Исследовательского Технологического Университета.

Особая благодарность – заведующему кафедрой «Архитектуры и дизайна», доктору технических наук, профессору Сафину Руслану Рушановичу, всем сотрудникам кафедры и студентам, принявшим участие в подготовке семинара. Фирма Базис-Центр безвозмездно передала кафедре «Архитектуры и дизайна» новейшую версию системы БАЗИС 8 на 20 рабочих мест для использования в учебном процессе.

УДК 674.8

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БИОМАССЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ С ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

Н.Р. Галяветдинов, Ф.В. Назипова

Исследована технология получения твердого топлива из отходов деревообрабатывающей промышленности, суть которой заключается в предварительной термической обработке биомассы для производства пеллет, что позволяет повысить энергетическую плотность данного топлива с одновременным уменьшением ее массы до 30 %. Кроме того, данная технология позволяет получить пеллеты, с повышенной стойкостью против физико-механических повреждений, возникающих при погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке пеллет за счет улучшения когезионных свойств биомассы.

Ключевые слова: биотопливо, возобновляемое топливо, древесина

The technology of receiving firm fuel from waste of the woodworking industry which essence is in preliminary heat treatment of a biomass for production pellets that allows to increase the power density of this fuel with simultaneous reduction of its weight to 30% is investigated. Besides, this technology allows to receive pellets, with the increased firmness against the physic and mechanic damages arising during the loading and unloading works and transportation pellets at the expense of improvement of cohesive properties of a biomass.

Keywords: biofuel, renew fuel, wood

Введение

Процесс обработки и переработки древесины во всех производствах связан с получением большого количества отходов. Начиная с первой стадии — рубка леса и вывоза хлыстов, и кончая последней стадией — обработкой древесины. Этот процесс неизбежно сопровождается отходом части древесины, которая не используется в дальнейшем производстве, а к тому же и требует его утилизации. Объем отходов не только соизмерим с его объемом получающейся продукции, но зачастую и превосходит его.

Исследовательская часть

Известно, что ежегодное количество отходов и неделовой древесины по стране составляет около 300 млн. м³. При этом, нельзя не заметить, отходы — ценное вторичное сырье для производства разнообразных строительных материалов, изделий, продуктов. Но, помимо вышеперечисленных материалов, основной объем отходов деревообработки остается для применения его в качестве топлива, поскольку кроме отходов пригодных для изготовления строй материалов и других изделий образуется огромное количество отходов в виде некондиционной низкосортной древесины, сучьев, листы, корней и т.д. А если учесть при этом высокие цены на энергоносители то появляется задача создания дешевого энергетически эффективного возобновляемого топлива из отходов, что позволит существенно

снизить затраты на энергию и одновременно позволит решить вопрос утилизации отходов. Поэтому, становится актуальной задача получения дешевого экологичного топлива с одновременной утилизацией отходов деревообработки. В настоящее время в России заложены основы для развития рынка древесно-топливных гранул, где происходит активное формирование информационной инфраструктуры отрасли, в частности: действует несколько информационно-консультационных центров, часть из которых получает поддержку от европейских правительственных и неправительственных фондов; ежегодно проводятся семинары и конференции по биоэнергетике, в рамках лесопромышленных выставок появляются разделы по биотопливу, выходят специализированный журнал и отраслевой справочник по биоэнергетике: «Древесная топливная гранула»; создан Европейский Центр Биоэнергетики, который организовали Независимое партнерство «Лесоинженерный Центр», Государственная Лесотехническая Академия и FT, что подчеркивает высокую актуальность исследований в данном направлении. В настоящее время интерес, а за ним и спрос к гранулам и топливным брикетам растет с колоссальной скоростью. Вызвано это, в первую очередь, как уже было сказано, с ежегодным ростом цен на энергоносители. В частности, для использования в отопительных системах в свое время был выгоден дешевый

природный газ. Но в настоящее время цены на отопление газом и пеллетам почти сравнялись, да и к тому же, газоснабжение имеется не везде. А факт того, что пеллеты можно использовать даже в обычных котлах для твердого топлива и обычных печах, делает их весьма привлекательным в качестве топлива. Кроме того, законодательное ограничение потребления минерального топлива во многих странах заставило пересмотреть применение невозобновляемых источников энергии взамен возобновляемым источникам, таким как пеллеты. Однако надо иметь в виду, что существуют и недостатки применения пеллетов, одним из которых является проблема ее транспортировки на значительные расстояния, в ходе которого происходит разрушение значительного количества транспортируемых пеллетов, а также снижение их теплотворных свойств.

Одним из основных способов решения указанной проблемы является технология получения топливных гранул с увеличенными физико-механическими характеристиками, позволяющими расширить сферу продаж пеллетов на значительные расстояния от места их производства, а также в возможности увеличения энергоэффективности древесных пеллет, получаемых из отходов деревообрабатывающей и лесной промышленности, при одновременном уменьшении их массы почти до 30%. При этом, важный фактор, делающий использование термически обработанного пеллета привлекательным для ее дальнейшего использования – это повышенная энергетическая плотность такого топлива. Дело в том, что в процессе предварительной термической обработки исходная биомасса теряет до 30 % массы и всего 5-10% теплотворной способности. Эти характеристики позволяют существенно уменьшить затраты на перевозку единицы энергии в топливе и, тем самым, повысить рентабельность производства топливных пеллетов в регионах, удаленных от потребителей. Данная технология предполагает осуществление предварительной термической обработки измельченной древесины. Термическая обработка сырья для топливных гранул осуществляется в барабанном аппарате специальной конструкции, обеспечивающем проведение процесса без доступа кислорода воздуха в среде топочных газов. В результате, первоначальная термическая обработка

биомассы позволяет увеличить когезионные свойства и в результате получить пеллеты с повышенными физико-механическими характеристиками [1].

На кафедре «Архитектура и дизайн изделий из древесины» была создана экспериментальная установка по получению твердого топлива в виде предварительно термически обработанных пеллетов из отходов деревообрабатывающей промышленности. Надо отметить, что процесс получения термически обработанного пеллета аналогично процессу получения пеллетов классическим способом и отличается тем, что после сушки биомассы, она подвергается термической обработке при температуре 240 °С. Эта стадия процесса сводится к отщеплению от сложных молекул, составляющих древесину, наиболее термолабильных боковых цепей. При достижении биомассой температуры 240°С полностью разрушаются пентозаны, а целлюлоза и лигнин в свою очередь почти не разрушается, но при этом заметно полимеризуется лигнин. Эта стадия – эндотермическая, то есть, процесс идет с поглощением тепла. Далее сырье напрямую поступает в дозатор гранулятора, где оно разрыхляется и дозировано подается в камеру смешения. С помощью включенного в линию парогенератора в большой емкости камеры проводится гомогенизация сырья и его пропаривание. Поступление пара способствует размягчению сырья, улучшению процесса гранулирования, уменьшению износа матрицы и роликов [2]. Так как процесс выработки пара является энергоемким, рекомендуется минимизировать его объем, учитывая качество используемого сырья. Надо отметить, что сам механизм первичной термической обработки биомассы позволяет значительно снизить расход пара, по сравнению с классической технологией производства пеллетов. Далее сырье поступает на пресс-гранулятор, работающий по методу роликового прессования, который осуществляет продавливание сырья в отверстия вращающейся матрицы и далее технология изготовления пеллетов аналогична классической технологии [3].

В результате проведенных исследований были изготовлены образцы пеллетов, изготовленных из термически модифицированных древесных отпилок. Подготовленные таким образом образцы были исследованы на предел прочности на сжатие.

Результаты исследований представлены в таблице 1 и на кривой, представленной на рис. 2, из которых видно, что максимальные значения предела прочности на сжатие приходится на температуру обработки древесных частиц в интервале температур 230-240 С, что объясняется улучшением когезионных свойств древесных частиц при данной температуре. При дальнейшем увеличении температуры обработки начинается интенсивная деструкция древесных частиц сопровождающийся снижением прочности.

Табл.1. Характеристики прочности пеллетов при различных температурах обработки

Температура обработки, °С	140	160	180	200	220	240	260	280
Предел прочн. на сжатие, МПа	3,8	4,1	4,2	4,6	5,3	6,3	3,4	3,0

Литература

1. Хасаншин Р.Р. Исследование изменения химического состава древесины, подвергнутой термомодифицированию, с помощью ИК-спектрометра / Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов, Р.Р. Сафин. // Вестник КГТУ. – 2010, №9.
2. Сафин Р.Р. Энергосберегающая установка для сушки и термической обработки древесины / Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов, Н.А.Оладышкина // Вестник Казан. техн. ун-та. – 2010. - №9. – С.542-546.
3. Сафин Р.Р. Тепломассоперенос внутри древесины в процессе ее термического модифицирования / Р.Р. Сафин // Вестник Казанского государственного технологического университета. Казань. - 2012. - №15. - С. 137-142

Н.Р. Галяветдинов - кан. техн. наук, доцент каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ; **Ф.В. Назипова** - студентка той же кафедры.

Уважаемые авторы журнала!!!

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

Параметры страницы:

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

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

Размер рисунков: ширина – не более 17,5 см; высота – не более 12 см. Название рисунков: шрифт – Arial кеглем 8 полужирный, выравнивание по ширине. **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 5×8 см (шрифт – Times New Roman).

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

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

Редакция журнала оставляет за собой право редактирования рукописей!!!

УДК 684.4.059.3.001.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭФФЕКТА СНИЖЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН НА ОЦИЛИНДРОВАННОМ БРЕВНЕ ИЗ СОСНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАСЛЯНО-ВОСКОВЫХ ЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ «BIOFA» (ГЕРМАНИЯ)

С.И. Миронова, А.Л. Ковжина, С.С. Соколов

В статье представлены результаты исследования процесса эффекта снижения образования трещин на оцилиндрованном бревне из сосны при использовании масляно-восковых защитных составов «BIOFA». В результате проведенного исследования была показана эффективность использования системы масляно-восковых покрытий для обработки бревен с целью снижения склонности древесины к трещинообразованию.

Ключевые слова: оцилиндрованное бревно, сосна, трещинообразование.

The article presents the results of the study process the effect of reducing the formation of cracks on the rounded logs of pine using oil-wax protective compounds «BIOFA». The study demonstrated the efficacy of the use of oil-wax coatings applied to logs to reduce the propensity of wood to crack.

Keywords: round logs, pine, cracking.

С давних времен древесина являлась важным материалом, используемым человеком для строительства. В настоящее время, несмотря на широкое распространение различных конструкционных материалов из пластмасс, древесина не утратила своего значения благодаря ее уникальным свойствам:

- малый удельный вес и низкая теплопроводность;
- высокая прочность и жесткость;
- стойкость к агрессивным средам и излучениям;
- способность гасить вибрацию и поглощать энергию ударных нагрузок;
- эстетический вид;
- легкость обработки и склеивания.

Цельную и клееную древесину широко применяют для изготовления строительных конструкций и деталей, шпал, крепи для горнорудной промышленности, спортивного инвентаря, мебели и т.д. Кроме того древесина в отличие от многих других конструкционных материалов обладает возобновляемой сырьевой базой и более низкой энергоемкостью при ее заготовке и обработке. Это делает ее вполне конкурентоспособной в условиях ограниченности природных ресурсов Земли.

Наряду с перечисленными достоинствами древесина обладает и рядом недостатков: одним из них (наиболее существенным) является наличие дефектов и повреждений в виде трещин, связанных с воздействием причин силового и технологического характера. При проектировании новых конструкций и изделий

из цельной и клееной древесины и их усилении влияние этих пороков приходится учитывать путем повышения коэффициента запаса прочности, в результате чего увеличивается их материалоемкость. Поэтому одной из первостепенных задач стоящих перед учеными и исследователями, является изучение причин возникновения трещин, разработка способов их диагностики и контроля, а также способ повышения трещиностойкости изделий и конструкций из цельной и клееной древесины.

Удаление связанной влаги с поверхностных слоев бревен формирует неравномерное деформирование по сечению, т.е. поверхностная древесина усыхает, а слои, следующие за поверхностными, сохраняют свои первоначальные размеры. При достижении растягивающими напряжениями предельных значений образуется на поверхности бревна сетка микротрещин, которые при своем развитии увеличиваются, объединяются друг с другом, образуя более крупные трещины, которые, в конечном счете при объединении с другими такими же, трещинами образуют макротрещину [1].

При решении задач о распределении напряжений в древесине при механических и влаготермических воздействиях нужно исходить из уравнений теории упругости, которые должны учитывать различие упругих свойств древесины в различных структурных направлениях и содержать в соответствии с этим более двух упругих постоянных. При небольших нагрузках деформирование можно

считать упругим, поэтому для таких задач вполне правомерно использование методов теории упругости. С увеличением нагрузки древесина ведет себя как вязкоупругое тело, которому свойственны ползучесть и релаксация напряжений [2].

Повысить стойкость древесины к появлению трещин помогут специальные покрытия, которые защитят сруб от воздействия осадков и послужат препятствием проникновению влаги. Исторически для этих целей использовали воск, парафин, битумные смолы, смесь олифы и извести, древесной смолы и мела. Однако эти материалы имеют некоторые недостатки: они плавятся под воздействием солнечных лучей.

Для предупреждения растрескивания авторы провели сопоставительный анализ трещинообразования при обработке бревен масляно-восковыми защитными составами фирмы «Biofa» (Германия).

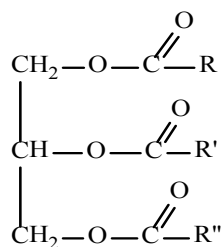
Были исследованы материалы следующих видов:

- масляный грунт-антисептик арт. 8750, в состав которого входит льняное и древесное масла, сиккатив, алифатические углеводороды, биоцидные добавки;

- основное покрытие - лазурь для дерева арт.1075, в состав которой входит льняное и другие растительные масла, эфир канифоли, эфиры жирных кислот, сиккатив, оксид цинка, алифатические углеводороды;

- финишное покрытие - защитное масло арт. 2043, в состав которого входит льняное масло, древесное масло, эфиры жирных кислот, эфир канифоли, алифатические углеводороды, сиккатив, микровоск.

Основным пленкообразующим компонентом всех используемых в исследовании материалов фирмы «Biofa» является льняное масло. Льняное масло, как и все растительные масла, представляет собой сложную смесь, основной составной частью (~ 95 %) которой являются полные эфиры глицерина и жирных кислот, в основном ненасыщенных (триглицериды) общей формулы:



где R, R', R'' – алкильные остатки одноосновных жирных кислот нормального строения.

Молекулы льняного масла примерно в 50 раз меньше молекул синтетических смол и примерно в 10 раз меньше самых плотных пор дерева, за счет чего оно глубоко проникает в древесину и хорошо впитывается в поры. Обработанные поверхности становятся механически и химически более стойкими, поскольку льняное масло относится к группе масел с высокой способностью к высыханию. Способность к высыханию (т. е. к образованию пленки) определяется числом двойных связей в молекуле триглицерида, а также их взаимным расположением. Для высыхающих масел характерно наличие в триглицеридах остатков кислот с тремя и двумя двойными связями (суммарное количество таких триглицеридов достигает 70 %). К числу основных кислот, входящих в состав триглицерида льняного масла, относятся [3]:

- линоленовая $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ (52 %);
- линолевая $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ (16 %);
- олеиновая $(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ (22 %).

Процесс отверждения материалов, в состав которых входят растительные масла, представляет собой межмолекулярное взаимодействие по двойным связям жирнокислотных остатков триглицеридов. Под действием инициаторов окислительной полимеризации (сиккативов) протекают цепные полимеризационные и оксиполимеризационные процессы, ведущие к образованию пространственных полимеров с межмолекулярными связями типа $-\text{C}-\text{C}-$ и $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$. Введение минеральных наполнителей способствует повышению механической прочности сформированной пленки.

Однако поверхности древесины, обработанные материалами на основе только одного льняного масла, имеют ярко выраженную способность к загрязнению [4]. Для исключения этого недостатка используются материалы, в состав которых наряду с растительными маслами входят различные воска, образующие на поверхности тонкий слой, который повышает устойчивость к истиранию и придает поверхности древесины грязе- и водоотталкивающие свойства. Композиции, состоящие из масел и восков, объединяют в себе преимущества обоих

компонентов и способствуют повышению долговечности деревянных конструкций.

При проведении испытаний использовались оцилиндрованные бревна из сосны, диаметром 260 мм, естественной влажности.

Все образцы находились на открытом воздухе (без навеса) в течение 11 недель начиная с конца апреля по июнь 2013 г. Ежедневно проходил визуальный осмотр образцов; учет образующихся трещин проводили с помощью щупа, глубиномера, линейки. Раз в неделю производилось измерение влажности образцов весовым методом (ГОСТ 16483.7-71*). В случае резкого увеличения числа трещин влажность измерялась два раза в неделю.

Процесс образования трещин представлен в виде графиков на рисунках. 1- 3. Нанесение двухслойного покрытия - грунт арт. 8750/финишное покрытие арт. 2043 (образцы №3 и №4) замедляет процесс трещинообразования бревен в 2 раза, а нанесение трехслойного покрытия - грунт арт. 8750/лазурь арт. 1075/ финишное покрытие арт. 2043 (образцы № 5 и № 6) замедляет процесс трещинообразования в 3 раза. При этом на образцах с трехслойным покрытием грунт арт. 8750/лазурь арт. 1075/ финишное покрытие арт. 2043 наблюдалось минимальное количество трещин, с наименьшими геометрическими параметрами (длиной и шириной). Такая система защитного покрытия может быть рекомендована как самая эффективная для строительства из древесины естественной влажности.

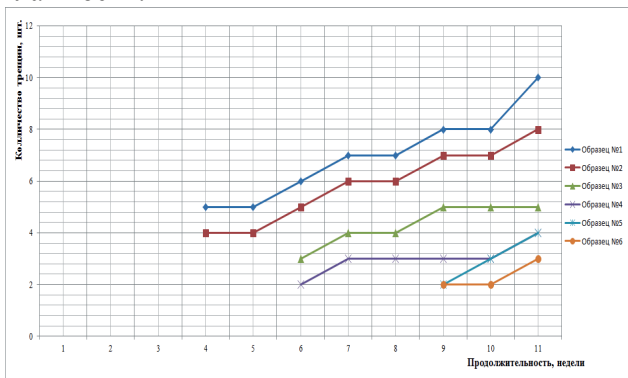


Рис. 1. Процесс образования трещин на оцилиндрованных бревнах

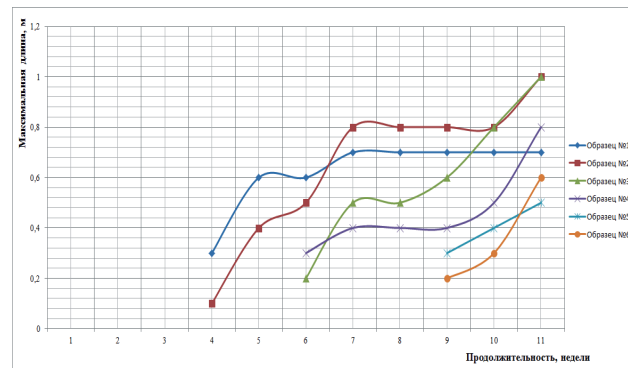


Рис. 2. Увеличение длины трещин

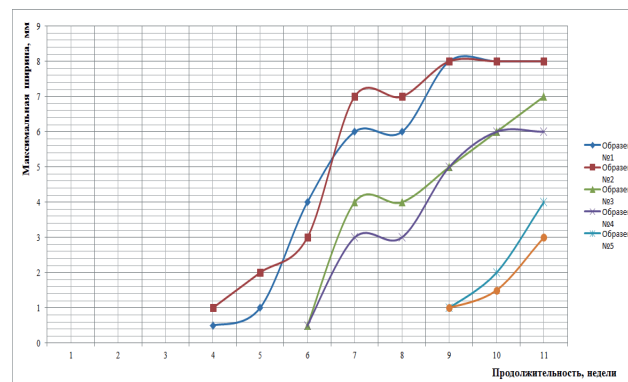


Рис. 3. Увеличение ширины трещин.

У образцов, покрытых масляно-восковыми составами, влажность снижалась медленнее (рис. 4), и не наблюдалось ее повышения в связи с дождями.

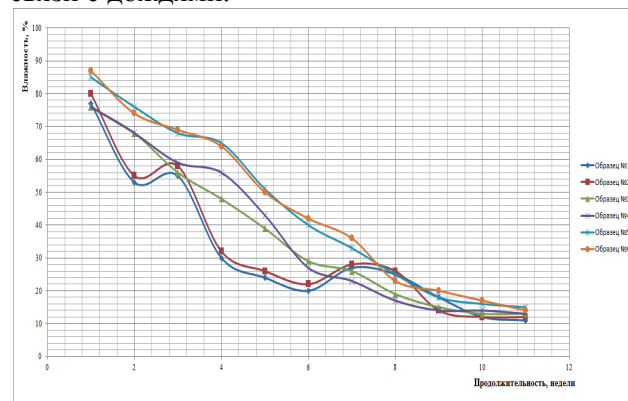


Рис. 4. Изменение влажности образцов

Таким образом, в результате проведенного исследования была показана эффективность использования системы масляно-восковых покрытий, предлагаемых фирмой «Biofa» для обработки бревен с целью снижения склонности древесины к трещинообразованию.



Рис. 5. Фотография образцов бревен после испытаний (слева направо: образец необработанный лакокрасочным материалом, образец с двухслойным покрытием, образец с трехслойным покрытием)

Литература

1. Уголев Б. Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке. М.: Лесная промышленность, 1971. 174с.
2. В.Н.Глухих. Анизотропия древесины как фактор повышения качества сушки пиломатериалов. СПб.: Изд-во С.-Петербург. Унта, 2007. – 163 с.
3. М.Ф.Сорокин, З.А.Кочнова, Л.Г.Шоде. Химия и технология пленкообразующих веществ. М.: Химия, 1989, 480с.
4. Джордж Прието, Юрген Кине. Древесина. Обработка и декоративная отделка. М.: Пэйнт-Медиа, 2008, 392 с.

С.И.Миронова - канд. техн. наук, доцент СПбГАСУ, А.Л.Ковжина - канд. техн. наук, доцент СПбГТИ(ТУ), С.С.Соколов - руководитель проекта «Biofa» в России.

УДК 674.04

ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В ВАКУУМНО-КОНВЕКТИВНЫХ СУШИЛЬНЫХ КАМЕРАХ

П. А. Кайнов, Ш.Р. Мухаметзянов, К.Е. Кузнецов

Предложена схема организации гидродинамических потоков в вакуумно-конвективной сушильной камере, обеспечивающая высокую равномерность распределения сушильного агента по штабелю пиломатериалов.

Ключевые слова: вакуумная-конвективная сушка древесины, агент сушки, штабель

A scheme for the organization of the hydrodynamic flow in the vacuum-convective drying chamber ensures high uniformity of the drying agent pile of lumber.

Keywords: vacuum-convective drying of wood, drying agent, pile

Введение

Результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что технологии вакуумной сушки пиломатериалов с конвективными способами подвода тепла являются наиболее перспективными в области сушки древесины, благодаря значительному сокращению продолжительности процесса и сохранению качественных показателей материала.

Экспериментальная часть

В результате проведенных испытаний вакуумной камеры, внедренной на инновационном полигоне КНИТУ «Искра», в

которой была организована продольная циркуляция агента сушки, для чего были установлены боковые металлические перегородки, получены профили изменения скорости сушильного агента по ширине штабеля, представленные на рис. 1. Как видно из графиков, в результате всех замеров наблюдается некоторое увеличение скорости по краям штабеля относительно центральной части.

Поэтому была предложена конструкция установки сушки пиломатериалов с продольной циркуляцией теплоносителя (рис. 2), в которой боковые перегородки выполнены из газонепроницаемой прорезиненной ткани.

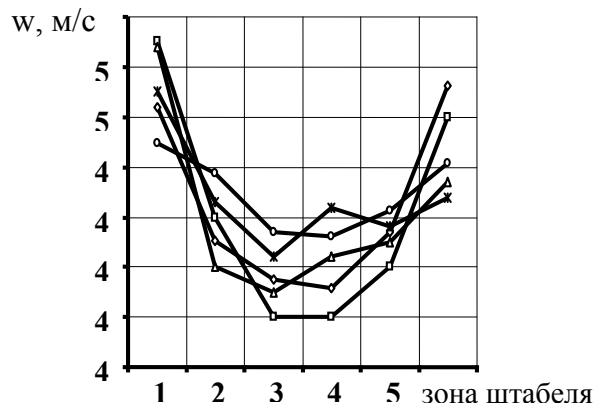


Рис. 1. Вариация скорости теплоносителя по ширине штабеля в камере с продольной циркуляцией с металлическими боковыми стенками: о – опыт 1, ◇ – опыт 2, Δ – опыт 3 и т.д.

Установка содержит герметичный цилиндрический корпус 1 с крышкой 2, камеру сушки 3, калориферы 4, вентилятор 5, парогенератор 6 и систему вакуумирования, состоящую из конденсатора 7 и вакуум-насоса 8.

Камера сушки 3 образована боковыми 9, верхней 10 и нижней 11 секциями, установленными в корпусе 1 с зазорами. Секции 9, 10 выполнены из плотного материала, прорезиненной ткани, с провисом и образуют сегментные зазоры 12 и 13. В сегментных зазорах 12 вдоль корпуса 1 размещены калориферы 4. В зазоре 13 расположена перегородка 14, которая выполнена с возможностью вертикального перемещения и соединена с корпусом 1 пружинами 15. В пространстве, образованном верхней подвижной перегородкой 14 и корпусом 1, помещена герметичная емкость 16, выполненная из эластичной резины.

Вентилятор 5 сообщен с камерой сушки 3 через сегментные зазоры 12.

Внутреннее пространство корпуса 1 соединено с системой вакуумирования через патрубок 17 и вакуумный затвор 18, с парогенератором 6 через патрубок 19 и вакуумный клапан 20, а с атмосферой – через патрубок 17 и вакуумный клапан 21. Внутри камеры сушки 3 на тележке 22 размещен штабель пиломатериалов 23. Нижняя секция 11 камеры сушки 3 имеет прорези 24 для закатывания тележки 22.

Установка работает следующим образом. Штабель пиломатериалов 23 на тележке 22 помещают в камеру сушки 3, после чего корпус 1 герметизируют при помощи крышки 2.

Включают калориферы 4, которые остаются в работе на протяжении всего процесса.

При проведении процесса вакуумной сушки с подводом тепла от нагретого воздуха включением вентилятора 5 начинают прогрев пиломатериалов при атмосферном давлении.

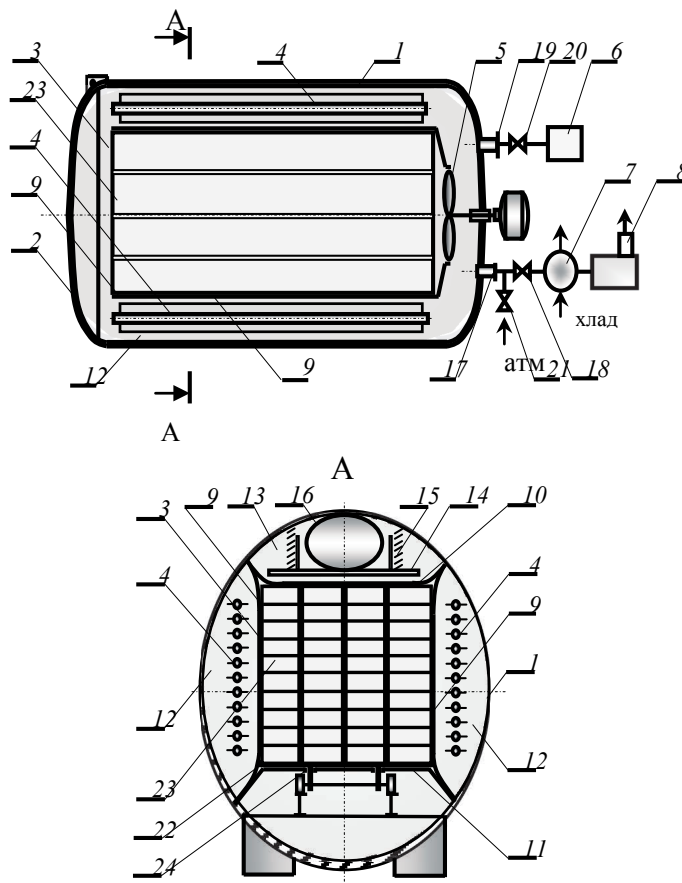


Рис. 2. Усовершенствованная схема вакуумно-конвективной установки сушки пиломатериалов с продольной циркуляцией теплоносителя.

При проведении сушки с подводом тепла к материалу от перегретого пара из аппарата предварительно удаляют воздух, для этого при закрытых клапанах 20, 21 и открытом клапане 18 включают вакуум-насос 8, сообщенный через патрубок 17 с камерой сушки, и понижают давление в аппарате. После удаления инертного газа в корпус 1 подают водяной пар из парогенератора 6, с этой целью предварительно отключают вакуум-насос 8, закрывают клапан 18 и открывают клапан 20. При повышении давления в корпусе 1 до значения, определяемого по результатам математического моделирования, закрытием клапана 20 подачу пара прекращают и включают вентилятор 5. Паровой поток, проходя через калориферы 4, дополнительно нагревается и поступает в камеру сушки 3. Благодаря тому, что сушильная

камера 3 является всасывающей линией вентилятора 5, а сегментные зазоры 12 – нагнетающей, мембраны боковых 9 и верхней 10 секций облегают штабель пиломатериалов 23, обеспечивая тем самым равномерный ввод и отвод теплоносителя по всему поперечному сечению штабеля.

После повышения температуры внутри древесины до определенного значения начинается стадия понижения давления в аппарате. При осциллирующих режимах сушки понижение давления производят до максимально возможной глубины вакуума, создаваемого вакуум-насосом 8. При конвективной сушке пиломатериалов в среде разреженного теплоносителя глубина вакуума определяется по результатам математического моделирования. Для понижения давления в аппарате открывают затвор 18, в конденсатор 7 подают хладагент и включают вакуум-насос 8.

За счет разности давлений во внутреннем пространстве корпуса 1 и герметичной емкости 16, последняя расширяется, перемещая перегородку 14 по направлению к штабелю 23, и сдавливает верхний ряд досок. Давление, оказываемое перегородкой 14 на верхний ряд досок, противодействует внутренним напряжениям, возникающим в древесине при сушке, и препятствует их короблению.

При проведении конвективной сушки в среде разреженного теплоносителя периодически производят контроль внутренних напряжений с помощью выпилки силовых секций и расчета поверхностных напряжений. При значительном повышении растягивающих напряжений производят выдержку пиломатериалов путем отключения вентилятора 5 или осуществляют влаготеплообработку подачей пара из парогенератора 6.

При проведении осциллирующих способов сушки процесс вакуумирования прекращают после падения температуры в центре пиломатериала до заданного значения. Далее

производят нагрев высушиваемой древесины. Циклы «прогрев – вакуумирование» повторяют до тех пор, пока влагосодержание пиломатериалов не достигнет заданного конечного значения (6-8%). После завершения процесса сушки корпус 1 разгерметизируют клапаном 21.

В результате апробации данной конструкции получено более равномерное распределение скорости агента сушки по ширине штабеля, представленное на рис. 3.

Заключение

Таким образом, в результате аналитических и патентных исследований предложена схема организации гидродинамических потоков в вакуумно-конвективной сушильной камере, обеспечивающая высокую равномерность

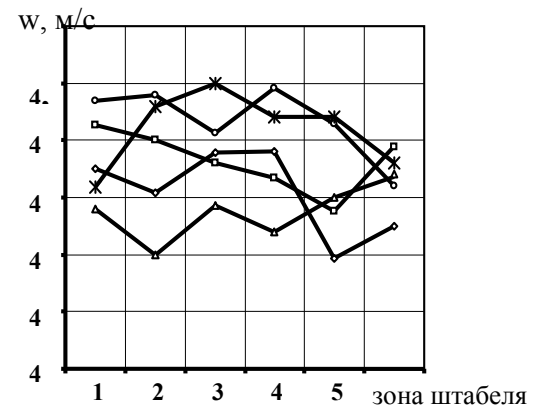


Рис. 3. Вариация скорости теплоносителя по ширине штабеля в камере с продольной циркуляцией с боковыми стенками из прорезиненной ткани: о – опыт 1, д – опыт 2, Δ – опыт 3 и т.д.

распределения сушильного агента по штабелю пиломатериалов и, как следствие, позволяющего снизить отклонение влажности отдельных пиломатериалов от среднего по штабелю значения.

УДК 674.04

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАНИЯ ШПОНА

Р.Р. Хасаншин, Д.Р. Хазиева

В статье представлено математическое описание процесса термомодифицирования древесного шпона для создания влагостойкой фанеры, использование которой возможно в условиях помещения. Использован В-план второго порядка с полными факторными планами (ПФП) в ортогональной части.

Ключевые слова: математическая модель, В-план второго порядка, термомодифицирование шпона, влагостойкая фанера

The paper presents a mathematical description of the process thermal modification wood veneers to create environmentally friendly water-resistant plywood. Used in the plan of the second order with a full factorial design (PFP) in the orthogonal part.

Keywords: mathematical model, In the plan of the second order, thermal modification veneer, water-resistant plywood

Введение

Значительная прочность при малой плотности, сравнительно большая площадь листа, позволяющая выкраивать детали необходимого формата – все эти качества фанеры определили область ее применения как конструкционного материала строительного и поделочного значения. В настоящее время основные проблемы совершенствования технологии производства фанеры направлены на повышение экологичности процессов, а также на получение готового продукта с низкой токсичностью, повышенной долговечностью и с минимальной формоизменяемостью в условиях влажностно-температурных воздействий.

Фанера – это гигроскопичный материал. Ее эксплуатация во влажной среде приводит к потере прочности, к формоизменяемости и биоповреждениям. Без специальной обработки фанерная продукция имеет ограниченный срок службы. Для производства фанеры повышенной водостойкости в России применяются фенолформальдегидные смолы (ФФС). Однако эти смолы токсичны и фанера на их основе согласно государственным стандартам запрещена к использованию внутри помещений.

В то же время в последние годы можно наблюдать возрастающий интерес к улучшению качества пиломатериалов при помощи термообработки. При этом, как известно термомодифицированная древесина благодаря изменениям, прошедшим с ней на молекулярном, приобретает такие уникальные свойства, как повышенная водоотталкиваемость, низкая гигроскопичность, устойчивость к гниению и воздействию

вредителей. Кроме того, в последние годы активно ведутся исследования в области создания композиционных материалов на основе термомодифицированной измельченной древесины. При этом исследований, направленных на повышение влагостойкой фанеры путем термообработки шпона до сих пор не проводилось.

В связи с этим следует считать актуальной задачу исследования процесса контактного термомодифицирования шпона с последующим изготовлением из нее влагостойкой фанеры.

Математическое описание процесса термомодифицирования древесного шпона

Целью математического описания процесса термомодифицирования древесины является установление математической зависимости степени термомодифицирования березового шпона от температуры и времени обработки и от толщины образца. В эксперименте, проводимом в КНИТУ, был использован В-план второго порядка с полными факторными планами (ПФП) в ортогональной части для исследования влияния трех факторов на степень модифицирования шпона. Матрица этого плана для нормализованных факторов приведена в табл. 1.

В В-планах второго порядка каждый фактор X_i , варьируется на трех уровнях, т. е. принимает в каждом опыте одно из трех значений: наименьшее $X_{i \min}$, наибольшее $X_{i \max}$, среднее $X_i^0 = (X_{i \min} + X_{i \max})/2$.

В нормализованных обозначениях эти уровни обозначаются, соответственно, (-1), (+1), 0.

Исследуемые факторы, их интервалы и уровни варьирования приведены в табл. 2.

Формулы, связывающие нормализованные и натуральные обозначения (см. формулу 1), будут в данном случае иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}x_1 &= (\tau - 20)/10 \\x_2 &= (t - 230)/30 \\x_3 &= (\delta - 1,5)/0,5\end{aligned}\quad (1)$$

Табл. 1. Матрица для нормализованных факторов

№ опыта	x_1	x_2	x_3	$Y_{\text{ср, н}}$
1	2	3	4	5
1	-1	-1	-1	0.35
2	-1	-1	+1	0.18
3	-1	+1	-1	0.84
4	+1	-1	-1	0.61
5	0	0	-1	0.72
6	0	0	+1	0.65
7	-1	0	0	0.44
8	+1	0	0	0.78
9	0	-1	0	0.44
10	0	+1	0	0.95
11	+1	+1	+1	0.99
12	+1	+1	-1	1
13	+1	-1	+1	0.4
14	-1	+1	+1	0.7

Выходная величина эксперимента – степень термомодифицирования шпона Q . Опыты проводились на березовых образцах шпона. Число дублированных опытов равно трем.

В соответствии с найденным значением $n=5$ каждый опыт повторяется 3 раза. В 5 столбце табл. 1 приведены значения степени модифицирования, усредненные по трем дублированным опытам каждой серии.

Рассчитанные коэффициенты регрессии приведены во второй строке табл. 3.

Рассчитываем оценки дисперсий и ковариаций коэффициентов регрессии:

$$\begin{aligned}s^2 \{b_0\} &= 0.40624/3 \cdot 0.0036 = 0.0005 \\s^2 \{b_i\} &= 0.1/3 \cdot 0.0036 = 0.0001 \\s^2 \{b_{ij}\} &= (0.5 - 0.09375)/3 \cdot 0.0036 = 0.0005 \\s^2 \{b_{ij}\} &= 0.125/3 \cdot 0.0036 = 0.0001\end{aligned}$$

В соответствии с методикой оценки значимости коэффициентов регрессии определено табличное значение t -критерия

Табл. 2. Исследуемые факторы, их интервалы и уровни варьирования

Наименование фактора	Обозначение		Интервал варьирования фактора	Уровень варьирования фактора		
	Натуральное	Нормализованное		Нижний (-1)	Основной (0)	Верхний (+1)
Время обработки, мин.	τ	x_1	10	10	20	30
Температура обработки, °C.	T	x_2	30	200	230	260
Толщина шпона, мм	δ	x_3	0,5	1	1,5	2,0

Стьюдента для числа степеней свободы $f_y=28$. Из таблиц t -критерия для $q=0,05$ найдено $t_{\text{табл}}=2,05$. Для коэффициента b_0 имеем:

$$s \{b_0\} = (s^2 \{b_0\})^{1/2} = 0,0224; t_{\text{табл}} s \{b_0\} = 2,05 \cdot 0,0224 = 0,0459.$$

Табл. 3. Рассчитанные коэффициенты регрессии

Обозначение коэффициента регрессии	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}
Оценка коэф-та регрессии	0.68	0.13	0.25	-0.06	0.068
Обозначение коэффициента регрессии	b_{23}	b_{13}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
Оценка коэф-та регрессии	-0.02	-0.01	-0.004	0.03	0.01

Отсюда видно, что для коэффициента b_0 соотношение $b_i \leq t_{\text{табл}} s \{b_i\}$ не выполняется, следовательно, он значим. Аналогичным образом установлена значимость всех линейных коэффициентов регрессии.

Таким образом, получено следующее уравнение регрессии:

$$Q = 0,6783 + 0,127x_1 + 0,25x_2 - 0,06x_3 + 0,0275x_2x_3 - 0,0169x_1^2 \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что реализация плана второго порядка позволяет описать

зависимость выходной величины от каждого фактора в виде уравнения параболы.

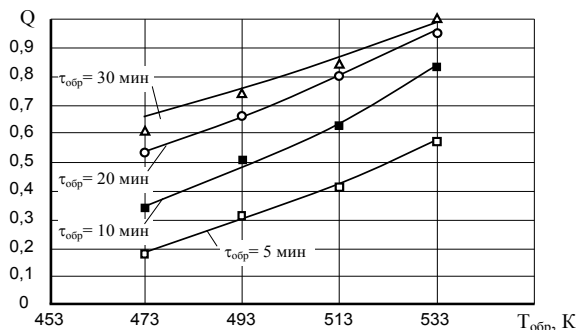
Закключение

Представленная модель позволяет прогнозировать процесс термомодифицирования шпона в зависимости от времени, температуры обработки и толщины материала.

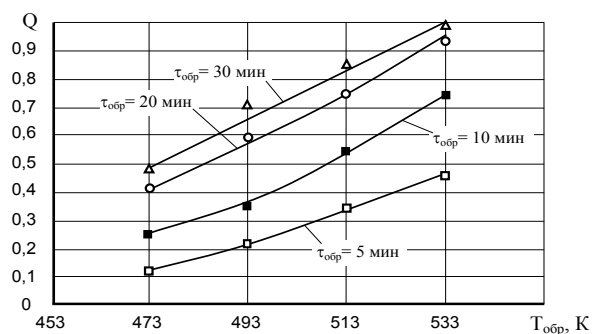
Из анализа уравнений регрессии следует, что при увеличении значений принятых переменных факторов увеличивается значения степени термомодифицирования.

Анализ значений коэффициентов в уравнениях позволяет заключить, что продолжительность термообработки оказывает наибольшее влияние на выходные параметры процесса термомодифицирования.

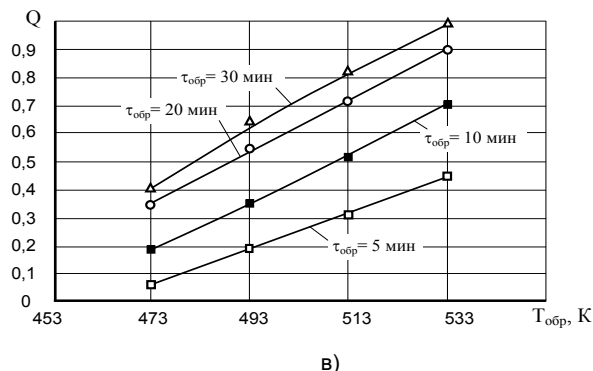
На рис.1 представлены результаты апробации разработанной математической модели.



а)



б)



в)

Рис.1. Степень термомодифицирования шпона в зависимости от температуры термомодифицирования при толщине: а) 1 мм; б) 1,5 мм; в) 2 мм

Литература

1. Р.Р. Сафин, Е.У. Разумов, Н.А. Оладышкина. *Вестник Казанского технологического университета*, 5, 543, (2001).
2. Р.Р. Сафин. *Деревообрабатывающая промышленность*, 2009, С. 24.
3. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов, Н.А. Оладышкина. *Вестник Московского государственного университета леса*, 4, 96, (2010).
4. Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Сафин, Ы.Г. Валиев, Р.В. Данилова. *Вестник Казанского технологического университета*, 15, 7, 66, (2012).
5. Ю.Н. Зиятдинова, Ф.Г. Валиев, Р.Р. Хасаншин, А.Н. Николаев. *Вестник Казанского технологического университета*, 22, 34, (2011).
6. Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов, Р.Р. Сафин. *Вестник Казанского технологического университета*, 9, (2010).
7. Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов. *Деревообрабатывающая промышленность*, 2012, С. 15-19.
8. Р.Р. Зиятдинов, Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, А.Р. Зиятдинова. *Вестник Казанского технологического университета*, 20, 64-66, (2012).
9. Р.Р. Зиятдинов, Р.Р. Хасаншин, Д.Р. Хазиева, К.Р. Кузнецов. *Вестник Казанского технологического университета*, 19, 142-144, (2013).

УДК 674.04

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАННОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Р.Р. Сафин, Р.В. Салимгареева

В данной статье представлены результаты проведенного технико-экономического анализа целесообразности использования технологии термомодифицирования в производстве ДПК. Для этого были проведены исследования по влиянию температуры обработки на механические характеристики ДПК, где в качестве связующего использовался полиэтилен низкого давления (ПЭНД), содержание древесного наполнителя 60%.

Ключевые слова: *древесно-полимерные композиты, термомодифицированный древесный наполнитель, морозостойкость.*

This article presents the results of conducted a feasibility study the feasibility of using technology in the production thermal modification KDP. To do this, studies have been conducted on the effect of processing temperature on mechanical properties of KDP, which was used as a binder polyethylene (HDPE), wood filler content of 60%.

Keywords: *wood-polymer composites, thermo wood filler, frost-resistance.*

Производство композиционных материалов на основе древесины является динамично развивающейся отраслью глубокой переработки древесины. Возникла эта отрасль в связи с необходимостью расширения областей использования возобновляемых ресурсов – древесины, а также стремлением максимально использовать отходы деревообработки. При этом сравнительно новым направлением развития рынка древесно-наполненных композиционных материалов является производство древесно-полимерных композитов (ДПК). Сегодня ДПК широко распространены в США, Канаде, Сингапуре, Китае и активно завоевывают популярность в Европе. Спектр их применения самый разнообразный. Начиная с отделки загородной недвижимости: внутреннего оформления домов, при строительстве террас, балконов, беседок, парковых лавочек и заканчивая отделкой полов и стен офисных зданий и торговых помещений.

В настоящий момент разработкой композиционных материалов в основном занимаются специалисты-химики, которые улучшают свойства ДПК с позиции изменения характеристик полимера и его адгезии с древесиной, где были достигнуты серьезные результаты. Однако учитывая, что древесина занимает не менее 30% от общей массы композиционного материала, пренебрегать ее свойствами нельзя. Недостатками древесины, используемой в производстве композиционных материалов, является то, что со временем она синее, плесневеет, при попадании влаги

разбухает, что приводит к снижению механических свойств материала. К тому же, при перемешивании древесного наполнителя со связующим их нагревают до 160-180°C, что приводит к выделению газов из древесины, в результате чего в материале образуются микропоры, которые также снижают механические свойства ДПК. Поэтому была поставлена задача улучшения свойств композиционных материалов путем модифицирования древесного наполнителя.

Одним из современных способов повышения устойчивости древесины к различным воздействиям является применение термомодифицирования в среде инертных газов. Данная обработка приводит к существенному снижению гигроскопичности и формоизменяемости древесных материалов и повышению их биостойкости.

В результате анализа литературы установлено, что исследований в области предварительной термообработки древесных наполнителей в производстве ДПК до сих пор не проводилось. В то же время в литературе хорошо проработан вопрос исследования процессов сушки измельченной древесины: указывается эффективность использования для этих целей конвективных способов, в частности, в условиях барабанных аппаратов.

Для апробации целесообразности использования термомодифицированного древесного наполнителя в производстве композиционных материалов проведены исследования по влиянию температуры

обработки на механические характеристики ДПК, где в качестве связующего использовался полиэтилен низкого давления (ПЭНД), содержание древесного наполнителя 60%. Было установлено, что снижение прочностных параметров ДПК на основе древесного наполнителя прошедшего термообработку при температуре 200°C при сжатии и изгибе незначительно (не превышает 10%) по сравнению с классическим ДПК, а в случае с пределом прочности на растяжение наблюдается снижение до 20%.

Исследование набухания ДПК-образцов при выдержке в воде характеризуют снижение набухания образцов с повышением температуры обработки древесного наполнителя (рис. 1).

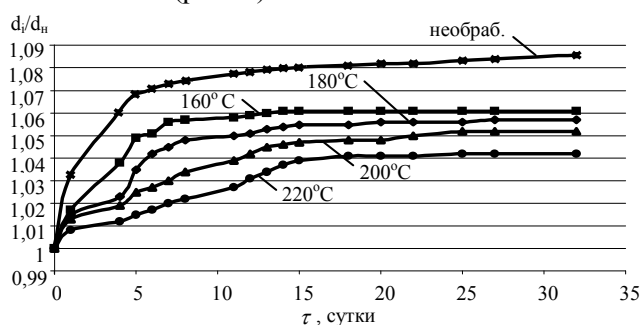


Рис. 1. Кинетика набухания образцов ДПК.

Исследования на морозостойкость данных видов образцов позволили установить влияние температуры обработки и размера частиц на морозостойкость ДПК: с уменьшением размера частиц морозостойкость образца увеличивается, что объясняется уменьшением порозности композита; с повышением температуры обработки также наблюдается снижение микропор, образующихся в результате выделения газов из древесины при перемешивании древесного наполнителя со связующим, поэтому также наблюдалось повышение морозостойкости образцов с повышением температуры обработки древесного наполнителя.

Таким образом, в результате проведенных исследований была установлена целесообразность использования термомодифицирования древесного наполнителя в производстве ДПК. В связи с этим была разработана технологическая схема, в которой термомодифицирование предлагается интегрировать после стадии сушки, перед процессом доизмельчения древесного наполнителя, поскольку предварительными исследованиями было установлено снижение

механических усилий на процесс доизмельчения термообработанного древесного наполнителя (рис. 2) и одновременное повышение тонкости помола с увеличением температуры предварительной обработки (рис. 3) что объясняется снижением механических и эластических характеристик термообработанных древесных частиц.

Для апробации предложенной технологической схемы производства ДПК совместно проведены испытания по термомодифицированию измельченной древесины в барабанной камере в среде топочных газов с последующим изготовлением опытной партии террасных досок.

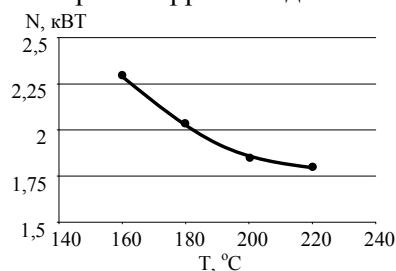


Рис. 2. Изменение мощности на процесс доизмельчения в зависимости от температуры обработки древесного наполнителя.

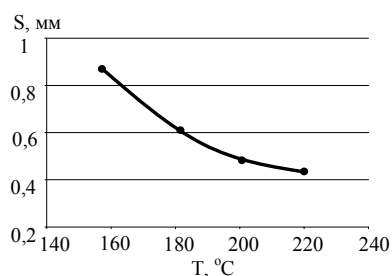


Рис. 3. Изменение максимального размера древесных частиц после операции доизмельчения в зависимости от температуры их предварительной обработки.

Общий вид установки по термомодифицированию представлен на рис. 4.

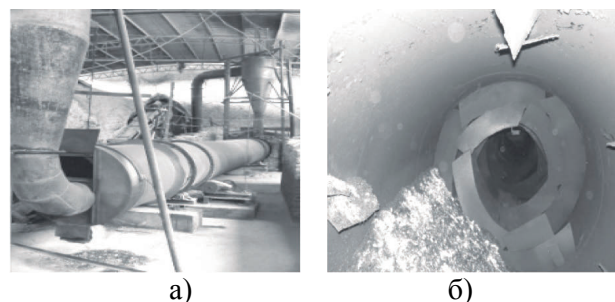


Рис. 4. Пилотная установка по термомодифицированию древесных частиц: а – общий вид; б – барабан изнутри.

Заключение

Проведенный технико-экономический анализ целесообразности использования технологии термомодифицирования в производстве ДПК указывает, что повышение затрат, вызванных введением стадии термомодифицирования, компенсируется снижением затрат на доизмельчение материала и повышением качества продукции, обеспечивающим долговечность и потребительский спрос.

Литература

1. Р.Р. Сафин, Е.У. Разумов, Н.А. Оладышкина. *Вестник Казанского технологического университета*, 5, 543, (2001).
2. Р.Р. Сафин. *Деревообрабатывающая промышленность*, 2009, С. 24.
3. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов, Н.А. Оладышкина. *Вестник Московского государственного университета леса*, 4, 96, (2010).

4. Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Сафин, Р.Г. Валиев, Р.В. Данилова *Вестник Казанского технологического университета*, 15, 7, 66, (2012).

5. Ю.Н. Зиятдинова, Ф.Г. Валиев, Р.Р. Хасаншин, А.Н. Николаев. *Вестник Казанского технологического университета*, 22, 34, (2011).

6. Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов, Р.Р. Сафин. *Вестник Казанского технологического университета*, 9, (2010).

7. Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов. *Деревообрабатывающая промышленность*, 2012, С. 15-19.

8. Р.Р. Зиятдинов, Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, А.Р. Зиятдинова *Вестник Казанского технологического университета*, 20, 64-66, (2012).

9. Р.Р. Зиятдинов, Р.Р. Хасаншин, Д.Р. Хазиева, К.Р. Кузнецов. *Вестник Казанского технологического университета*, 19, 142-144, (2013)

©Р.Р. Сафин – д-р техн. наук, проф., зав. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ, cfaby@mail.ru; Р.В. Салимгараева – ассистент той же кафедры.

УДК 674.04

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В БАРАБАННОЙ КАМЕРЕ

Р.Р. Хасаншин, Р.В. Салимгараева

В статье представлено математическое моделирование в среде Visual Basic for Application, результатом чего является процесс термомодифицирования измельченной древесины в барабанной камере и установление влияния конструктивных параметров оборудования на характеристики обработанного древесного наполнителя.

Ключевые слова: математическое моделирование, термомодифицирование, измельченная древесина

The paper presents a mathematical modeling environment Visual Basic for Application, resulting in a process of thermal modification of chopped wood in the drum chamber and to establish the influence of design parameters on the performance of equipment treated wood filler.

Keywords: mathematical modeling, thermo wood filler, chopped wood

В последние годы активно ведутся исследования в области глубокой переработки древесины с целью получения качественных композиционных материалов. При этом одним из перспективных методов обработки древесного наполнителя рассматривается термообработка при повышенных температурах без доступа кислорода воздуха.

В процессе термического модифицирования древесины происходит разложение гемицеллюлозы на реактивные молекулы меньшего размера, что позволяет существенно снизить гигроскопичность, повысить биостойкость, долговечность, устойчивость к воздействию высокой температуры, добиться отсутствия усадки и

снизить величины коробления в условиях переменной влажности.

Известно, что процессы тепло- и массообмена в камерах барабанного типа протекают 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. Поэтому актуальными представляются исследования процессов термического модифицирования древесного наполнителя в барабанных аппаратах и разработка технологии производства композиционных материалов на основе термомодифицированного древесного наполнителя, позволяющей повысить размерную стабильность, добиться отсутствия микропор, увеличить прочностные характеристики ДПК.

Физическую картину термомодифицирования древесного наполнителя в барабанных аппаратах можно представить следующим образом. Процесс является непрерывным; измельченную древесину загружают в камеру барабанного типа. Циркуляция теплоносителя осуществляется в попутном направлении. Попадая в аппарат, измельченная древесина нагревается, подвергается термическому разложению легкоразлагаемого компонента древесины – гемицеллюлозы, с выделением в среду продуктов разложения. Температура, до которой осуществляется нагрев древесного наполнителя, зависит от требуемой степени термомодифицирования.

При этом измельченная древесина в аппарате находится как в полете, так и в завале. Основным способом теплопередачи к измельченной древесине в полете является конвекция, подвод тепла к материалу в завале характеризуется контактным методом. При достижении необходимой степени термомодифицирования производят выгрузку древесного наполнителя в шнек 6, где происходит стадия охлаждения обработанного сырья путем теплопередачи хладагенту, циркулирующему в рубашке шнека.

Температура среды на входе в аппарат

$$\left. \frac{\partial T}{\partial \tau} \right|_{\ell_{\text{бар}}=0} = \frac{T \cdot c_{\text{cp}} \cdot \rho_{\text{cp}} (G_{\text{вен}} - G_{\text{с.з}}) + T_{\text{мз}} \cdot c_{\text{мз}} \cdot G_{\text{мон}} \cdot \rho_{\text{мз}}}{c_{\text{cp}} \cdot \rho_{\text{cp}} \cdot V_{\text{св}}} \quad (1)$$

В начале процесса, когда наблюдается неустановившееся температурное поле по длине аппарата, расчет переноса энергии применительно к одномерной картине и, пренебрегая теплопроводностью среды вследствие достаточно высокой скорости ее движения, может быть осуществлен по уравнению

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} + c_{\text{cp}} \rho_{\text{cp}} W_{\text{cpl}} \frac{\partial T_{\text{cp}}}{\partial l} = -\alpha [T_{\text{cp}} - T_{\text{пов.м}}] F^* + k \cdot \rho_{\text{м}} \cdot q, \quad (2)$$

где источниковый член характеризует подвод тепла к поверхности материала за счет теплоотдачи и отвод тепла в среду с продуктами разложения.

Тепловой баланс для частиц, находящихся в полете

$$c_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{м}} \cdot W_{\text{мл}} \frac{\partial T_{\text{мл}}}{\partial l_{\text{бар}}} = \alpha (T_{\text{cp}} - T_{\text{м}}) F^* - k \cdot \rho_{\text{м}} \cdot q, \quad (3)$$

Тепловой баланс для частиц в завале

$$c_{\text{нас.м}} \cdot \rho_{\text{нас.м}} \cdot W_{\text{мл}} \frac{\partial T_{\text{мз}}}{\partial l_{\text{бар}}} = K \cdot \Delta t_{\text{бар}} \cdot \frac{F_{\text{конт.бар}}}{V_{\text{м}}} - k \cdot \rho_{\text{м}} \cdot q, \quad (4)$$

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

$$\frac{\partial \bar{T}_{\text{м}}}{\partial l_{\text{бар}}} = \frac{m_{\text{м.л.}}}{m_{\text{м}}} \left(\frac{\partial T_{\text{м.л.}}}{\partial l_{\text{бар}}} \right) + \frac{m_{\text{м.з.}}}{m_{\text{м}}} \left(\frac{\partial T_{\text{м.з.}}}{\partial l_{\text{бар}}} \right), \quad (5)$$

$$W_{\text{м}} \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial l_{\text{бар}}} = k \cdot \bar{\rho}_{\text{м}}. \quad (6)$$

Время нахождения частиц в ковше и в завале (рис. 2)

$$\tau_{\text{зав}} = \frac{2\alpha'}{\omega}. \quad (7)$$

Для нахождения количества частиц, находящихся в полете, была определена средняя высота их падения, которую находят как площадь сегмента барабана, деленную на его основание

$$\bar{h} = \frac{S_{\alpha'}}{b} = \frac{R}{2} \left[\frac{\pi \cdot \arcsin(-\cos \alpha')}{2(1 - \cos \alpha')} - \frac{\cos \alpha'}{\sqrt{1 - \cos \alpha'}} \right]. \quad (8)$$

Тогда время падения частиц

$$\tau_{\text{пао}} = \sqrt{\frac{2\bar{h}}{g}}, \quad (9)$$

отсюда соотношение частиц, находящихся в полете и в завале, определяется как отношение времени их падения к времени нахождения в завале

$$\frac{m_{м.л.}}{m_{м.}} = \frac{\tau_{пад}}{\tau_{пад} + \tau_{зав}}, \quad (10)$$

$$\frac{m_{м.з.}}{m_{м.}} = \frac{\tau_{зав}}{\tau_{пад} + \tau_{зав}}. \quad (11)$$

Средняя скорость частиц по направлению основного движения может быть определена из уравнения

$$\overline{W} = \frac{\tau_{пад}^2}{\tau_{пад} + \tau_{зав}} \cdot \frac{a_l}{2}, \quad (12)$$

где ускорение частиц по направлению основного движения имеет вид

$$a_l = a_{рез} \cdot \cos \gamma = \left[\frac{\mu \cdot \rho_{ср} \cdot f' \cdot w_{ср}^2}{m_q} + g \right] \times \left[\frac{\mu \cdot \rho_{ср} \cdot f' \cdot w_{ср}^2}{\mu \cdot \rho_{ср} \cdot f' \cdot w_{ср}^2 + m_q \cdot g} \right] \quad (13)$$

Для описания стадии охлаждения термомодифицированных древесных частиц использовано уравнение переноса энергии с источником членом, характеризующим теплопередачу хладагенту, циркулирующему в рубашке экструдера

$$c_{нас.м} \cdot \rho_{нас.м} \cdot W \frac{\partial T}{\partial l_{ин}} = K \cdot \Delta t_{ин} \cdot \frac{F_{конт.ин}}{V_m}, \quad (14)$$

где удельная теплоемкость насыпного слоя материала определяется по условию аддитивности.

Представленная система уравнений позволяет полностью описать процесс термомодифицирования древесного наполнителя в среде топочных газов в условиях барабанных аппаратов.

На основе разработанного математического описания процесса термомодифицирования древесного наполнителя в среде инертных газов составлен алгоритм расчета, который состоит из пяти основных частей: блок расчета параметров топочных газов; блок расчета неустановившегося режима; блок определения температурного поля среды и материала при установившемся режиме; блок корректировки режимных параметров термомодифицирования в зависимости от требуемой степени обработки материалов; блок расчета стадии термомодифицирования.

Для решения представленной математической модели были экспериментально получены недостающие данные. На рисунке 1 приведены результаты исследования по определению угла

естественного откоса образцов при различных температурных режимах и фракциях исследуемых частиц, на основании которых можно сделать вывод, что с увеличением температуры обработки угол естественного откоса образцов уменьшается. Это объясняется тем, что после термообработки измельченная древесина становится менее шероховатой.

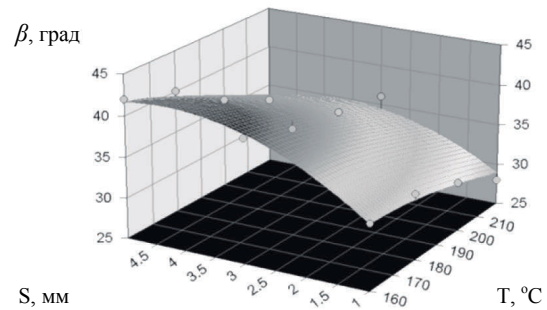


Рис. 1. Изменение угла естественного откоса древесных частиц при различных температурах обработки.

Результаты исследования по определению насыпной плотности древесных частиц при различных температурных режимах и фракциях исследуемых частиц показаны на рисунке 2. Из графиков видно, что с увеличением температуры обработки насыпная плотность также уменьшается.

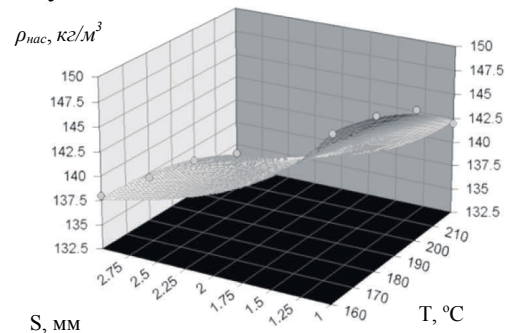


Рис. 2. Изменение насыпной плотности древесных частиц при различных температурах обработки.

Для анализа процессов, протекающих в барабанных аппаратах при проведении термического модифицирования измельченной древесины, и установления влияния конструктивных параметров оборудования на характеристики обработанного древесного наполнителя было проведено математическое моделирование в среде Visual Basic for Application.

В результате математического моделирования зависимости средней скорости древесных частиц от скорости теплоносителя установлена рациональная скорость движения

теплоносителя 0,75-1,5 мм/с, обеспечивающая длину барабана не более 8-10 м (рис. 3, 4).

В результате анализ взаимосвязи между диаметром и длиной барабана установлено, что с увеличением диаметра барабана в 3 раза, длина аппарата уменьшается почти в 7 раз.

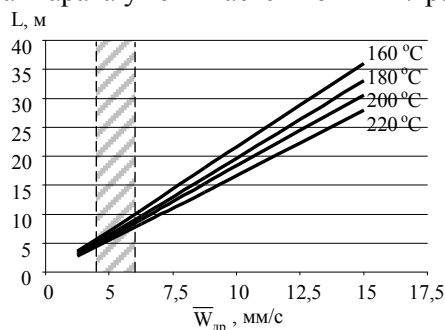


Рис. 3. Требуемая длина барабана в зависимости от скорости движения древесных частиц.

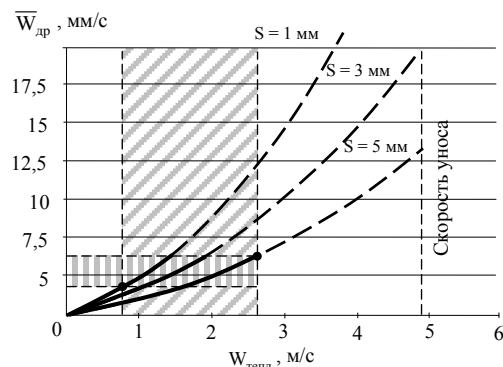


Рис. 4. Зависимость средней скорости древесных частиц от скорости теплоносителя.

Это объясняется тем, что с увеличением диаметра барабана, возрастает время нахождения частиц в полете, тем самым обеспечивается наилучшее взаимодействие

частиц с движущимся газообразным теплоносителем.

Таким образом, представленная математическая модель позволяет выявить рациональные режимные параметры процесса и требуемые характеристики барабанной установки для термомодифицирования измельченной древесины.

Литература

1. Р.Р. Зиятдинов, Р.Р. Хасаншин, Д.Р. Хазиева, К.Р. Кузнецов. *Вестник Казанского технологического университета*, 19, 142-144, (2013).
2. Р.Р. Хасаншин, Р.В. Данилова. *Вестник Казанского технологического университета*, 15, 7, 62-63, (2012).
3. Ю.Н. Зиятдинова, Ф.Г. Валиев, Р.Р. Хасаншин, А.Н. Николаев. *Вестник Казанского технологического университета*, 22, 34, (2011).
4. Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов, Р.Р. Сафин. *Вестник Казанского технологического университета*, 9, (2010).
5. П.А. Кайнов, Р.Р. Хасаншин, С.В. Ахмадиева, *Вестник Казанского технологического университета*, 15, 15, 233-234, (2012).
6. Р.Р. Сафин, Е.У. Разумов, Н.А. Оладышкина. *Вестник Казанского технологического университета*, 5, 543, (2001).
7. Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Г. Сафин. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2006. № 4. С. 64-71

УДК 674.04

РЕСТРУКТУРИРОВАННЫЙ ШПОН ИЗ ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Е.А. Белякова, Т.А. Бодылевская, К.А. Бодылевский

В статье описана технология производства шпона, полученного из спрессованного блока, состоящего из разноцветных листов шпона малоценных пород. Получаемый таким образом листовой материал может быть использован как облицовочный и заменять шпон ценных пород древесины

Ключевые слова: энергосберегающие технологии, древесина, термомодифицирование

In article it is described power- and resource-saving technology of thermo modifying of wood, the analysis of wood is presented at different temperature modes of processing

Keywords: power saving up technologies, wood, thermo modifying

Растущий спрос на натуральный шпон и ограниченность запасов древесины ценных пород привели к необходимости разработки технологии производства реструктурированного шпона, имитирующего текстуру ценных пород древесины. Так же он называется «инженерным» или «*reconstructed veneer*». Суть данного способа получения шпона состоит в прессовании с одновременным склеиванием разноцветных листов шпона из малоценных пород древесины.

На российском рынке реструктурированный шпон представлен только импортными компаниями. Ведущие производители в мире – это *Италия* и *Китай*. Компанией *Bohmans Russia* широко представлен реструктурированный шпон под названием *Fine-Line* (файн-лайн) в широкой цветовой гамме, от натуральной текстуры до различных геометрических вариантов. Технология производства отличается применением специально выращенных быстрорастущих мягких пород древесины – *тополь, липа, абачи*.

Во всех используемых на сегодняшний день методах применяется окрашивание древесины окунанием в жидкость. Такой подход имеет ряд существенных недостатков:

- химические красители снижают экологичность получаемого материала;
- необходимость учитывать взаимодействие красящих веществ с клеевым раствором;
- большинство красителей подвержены выцветанию под действие УФ-лучей;

- при взаимодействии красящих веществ с древесиной могут происходить неконтролируемые реакции, изменяющие конечный цвет материала.

В связи с этим целесообразно применять в качестве способа окрашивания - термомодифицирование древесины. Это позволит:

- использовать ресурсы самой древесины в процессе окрашивания для исключения применения химических красителей;
- получить материал стойкий к выцветанию;
- получить определенный цветовой тон в рамках палитры от светло-бежевого до темно-коричневого цвета, характерных для натуральных древесных материалов.

Технология термомодифицирования подробно представлена в ранее опубликованных работах Сафина Р.Р., Беляковой Е.А, Хасаншина Р.Р., Бодылевской Т.А., Бодылевского К.А. и др. [1-16].

Потенциальные потребители реструктурированного шпона:

- мебельная промышленность;
- строительная отрасль (облицовочные материалы, дверные блоки);
- сфера дизайна и т.д.

Технические характеристики реструктурированного шпона: толщина от 0,35 мм до 5 мм, ширина от 640 до 680 мм, длина от 2250 до 3450 мм, плотность 450-600 кг/м³, влажность 8-12%.

Технология изготовления реструктурированного шпона:

- лущение или строгание шпона, нарезание в заданный размер;

- сушка листов шпона, сортировка по цвету;
- крашение термомодифицированием;
- формирование пакета из разноцветных листов шпона, проклеивание и прессование (клеевой состав может быть прозрачным и ли цветным для придания материалу дополнительного декоративного эффекта) (рис. 1);
- строгание пакета на листы шпона с заданными текстурой и цветом.

Реструктурированный шпон позволяет имитировать текстуру ценных пород, в частности их макростроение. Рисунок, получаемый при перерезании структурных элементов древесины, определяется их количеством и разнообразием. Например, годовичные слои с резкой разницей в ранней и поздней зонах на радиальном разрезе будут выглядеть как светлые и темные параллельные полосы, а на тангенциальном – извилистые линии гиперболической формы.

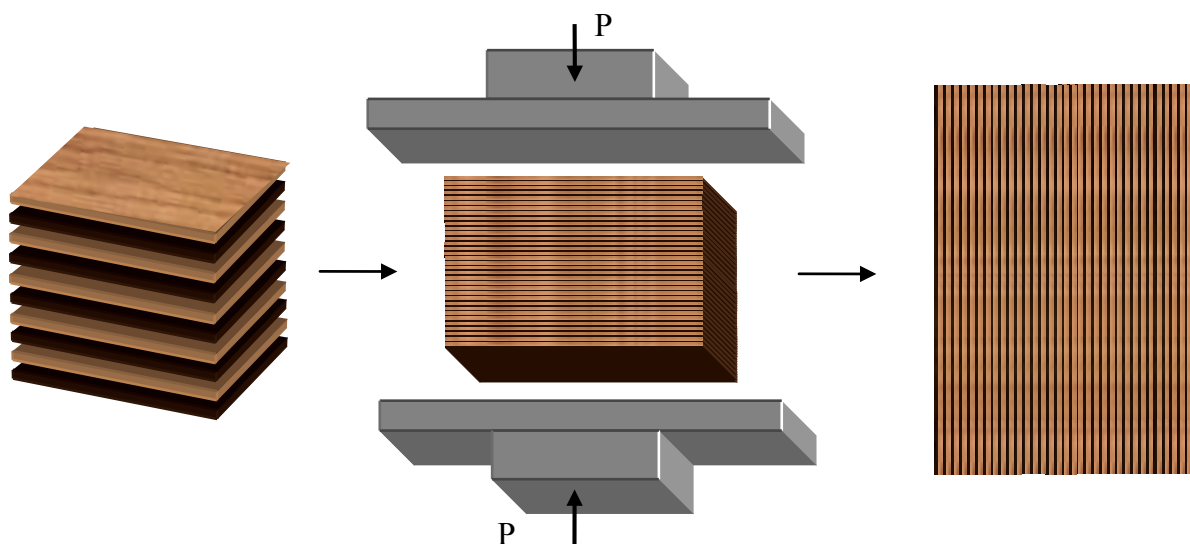


Рис.1. Схема формирования пакета из термомодифицированных листов шпона.

Недостатки натурального шпона:

- зависимость текстуры натуральной древесины от условий ее произрастания и от пороков;
- наличие дефектов (сучки, червоточины, трещины, внутренняя заболонь, пятнистость);
- низкие влаго- и водостойкость;
- высокая стоимость строганного шпона ценных пород.

Достоинства реструктурированного шпона:

- постоянная воспроизводимость текстуры и цвета в рамках одной партии, что в массовом производстве исключает процесс сортировки шпона и соответственно сокращает стадию облицовывания;
- отсутствие дефектов, обусловленных пороками древесины;
- повышенные влаго- и водостойкость;
- в основе недорогие быстрорастущие породы древесины, имитация ценных пород (например венге).

Реструктурированный шпон вырезают из блока древесины, получаемого склеиванием и прессованием шпона. Возможны следующие вариации получаемой текстуры:

- радиальный шпон с узкополосным рисунком («quarter cut»);
- радиальный шпон с широкополосным рисунком («semi- quarter cut»);
- радиальный шпон с разнополосным рисунком;
- тангенциальный шпон («crown cut»);
- шпон с геометрическим рисунком;
- имитация конкретных пород древесины;
- имитация структуры капа («burl»);
- получение цветного шпона и т.д.

Конечные результаты зависят от следующих факторов:

- порода дерева;
- строганный или лущеный шпон;
- форма режущего или лущильного ножа;
- толщина и количество листов шпона;
- угол резания блока древесины;

- тип или цвет клея.

Заключение

Предлагаемая нами технология отличается способом окрашивания шпона, вместо красящих веществ применяется термомодифицирование. Это позволяет использовать способность древесины изменять цвет при высоких температурах обработки (180-240°C) в пределах бежево-коричневой гаммы, а также создавать более экологичный реструктурированный шпон.

Литература

1. Белякова Е.А. Исследование процесса термомодифицирования древесины в жидкостях / Е.А. Белякова, Т.А. Бодылевская // Деревообрабатывающая промышленность. – 2012. - №2. – С.29-32.
2. Белякова Е.А. Разработка методики классификации термомодифицированной древесины с помощью цветовой гаммы / Е.А. Белякова, Р.Р. Сафин, Т.А. Бодылевская // Деревообрабатывающая промышленность. – 2013. - №1. – С.30-34.
3. Белякова Е.А. Технология производства текстурированного шпона из термомодифицированной древесины / Е.А. Белякова, Т.А. Бодылевская, К.А. Бодылевский // Вест. казан. техн. ун-та. – 2013. – Т. 16 №22. – С.21-23.
4. Разумов Е.Ю. Математическая модель процесса термомодифицирования древесины труднопропитываемых пород в жидкости / Е.Ю. Разумов, Е.А. Белякова, Р.Р. Сафин // Вест. казан. техн. ун-та. – 2011. - №16. – С.233-239.
5. Разумов Е.Ю. Математическая модель процессов, протекающих при морении древесины труднопропитываемых пород / Е.Ю. Разумов, Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова // Вест. Саратов. гос. техн. ун-та. – 2012. Т 1. - №2с (64). – С.80-86.
6. Сафин Р.Р. Имитация древесины мореного дуба термомодифицированием / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов, Е.А. Белякова // Дизайн. Материалы. Технология. – 2010. - №3. – С.95-98.
7. Сафин Р.Р. Разработка новой технологии получения термодревеси / Р.Р. Сафин, Е.А.

Белякова, Е.Ю. Разумов // Вест. казан. техн. ун-та. – 2011. - №1. – С.157-162.

8. Пат 2453425 RU, МПК В27К5/04 Способ термической обработки древесины / Р.Р. Сафин и др.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО "КГТУ". - № 2011101723/13; заявл. 18.01.2011; опубл. 20.06.2012 Бюл. № 17.

9. Пат 2453426 RU, МПК В27К5/04 Способ морения древесины и устройство для его реализации / Р.Р. Сафин и др.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО "КГТУ". - № 2010154564/13; заявл. 30.12.2010; опубл. 20.06.2012 Бюл. № 17.

10. 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. - №3. – С.9.

11. Сафин Р.Р. Математическое описание процесса термомодифицирования шпона / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Д.Р. Хазиева // Вест. казан. техн. ун-та. – 2013. Т.16 - №23. – С.79-81.

12. Сафин Р.Р. Разработка технологии и аппаратного оформления термомодифицирования древесины в жидкостях / Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова, Р.А. Халитов, Е.И. Байгильдеева // Вест. казан. техн. ун-та. – 2012. Т.15 - №3. – С.131-133.

13. Сафин Р.Р. Термомодифицирование древесины в среде топочных газов / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов, Н.А Оладышкина // Вест. моск. гос. ун-та. леса – 2010. - №4. – С.95-98.

14. Сафин Р.Р. Усовершенствование технологии термомодифицирования древесины ВIKOS-TMT / Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова // Вест. казан. техн. ун-та. – 2012. Т.15 - №13. – С.134-136.

15. Сафин Р.Р. Экспериментальные исследования термомодифицирования древесины в гидрофобных жидкостях / Р.Р. Сафин, Е.А. Белякова // Вест. казан. техн. ун-та. – 2011. - №12. – С.241-245.

16. Сафин Р.Р. Энергосберегающая установка для сушки и термической обработки древесины / Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов, Н.А Оладышкина // Вест. казан. техн. ун-та. – 2010. - №9. – С.524-546.

УДК 674-419.32

СОЗДАНИЕ КЛЕЕНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАННОГО ШПОНА

Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Зиатдинов, Д.Р. Хазиева

Предложена технология предварительного термомодифицирования листов шпона в производстве фанеры, что позволяет существенно повысить влаго- и водостойкость данного вида композиционного материала. Кроме того, установлено, что чередование листов шпона с различной степенью термообработки при создании клееных изделий значительно повышает декоративные характеристики продукции.

Ключевые слова: термомодифицирование, термошпон, термофанера.

A technology of prior thermal modification in the production of veneer sheets of plywood, which can significantly increase the moisture and water resistance of this type of composite material. Furthermore, it was found that alternating veneer sheets with different degrees of heat treatment for creating laminated decorative product greatly improves product characteristics.

Keywords: thermal modification, thermally modified veneer, plywood thermally modified.

В промышленности и строительстве наблюдается повышенный интерес к древесине и изделиям на ее основе. Это объясняется появившимися новыми возможностями повышения устойчивости древесины к воздействию различных неблагоприятных факторов, а также получения на ее основе материалов с улучшенным комплексом свойств, например клееных материалов. В частности, актуальны работы по улучшению ряда показателей качества древесины путем ее модификации. При этом известные химические методы деструкции древесины не позволяют эффективно использовать большую ее часть, и являются экологически неоправданными. Кроме того, все изученные физические способы воздействия на древесину отличаются высокой энергоемкостью и относительно низким КПД.

Развитие фанерного производства определяется, прежде всего растущим спросом на его продукцию. Значительная прочность при малой плотности, сравнительно большая площадь листа, позволяющая выкраивать детали необходимого формата – все эти качества фанеры определили область ее применения как конструкционного материала строительного и поделочного назначения. Фанеру применяют в промышленном и жилищном строительстве, автомобилестроении, вагоностроении, судостроении, самолетостроении, в мебельном производстве.

Однако, как и массивная древесина, фанера гигроскопична, что при эксплуатации приводит к ее деформации, биопоражениям,

потере прочности и упругости в конструкциях. Все эти эксплуатационные изменения минимизируют в настоящее время, в основном, путем пропитки формальдегидными смолами, что, в конечном счете, приводит к существенному снижению экологичности данного вида материала вследствие эмиссии свободного формальдегида и возможности эксплуатации только во внешних условиях.

Таким образом, создание новых специальных видов фанеры, обладающих высокой влаго- и водостойкостью и возможностью эксплуатации внутри помещений, остается одной из важных проблем деревообрабатывающей и строительной отрасли.

В связи с этим, на кафедре архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ была предложена технология предварительного термомодифицирования листов шпона перед склеиванием фанеры.

Термомодифицирование – процесс, который сравнительно недавно появился в деревообрабатывающей промышленности. Исследования в данной области активно ведутся только последние 10 лет в ведущих в деревообработке странах, в том числе России, Финляндии, Франции, Канаде, Германии. Процесс термомодифицирования заключается в воздействии на древесину температуры 180-230°C без доступа кислорода воздуха, в результате чего в биологическом составе древесины происходят необратимые изменения, влияющие на ее свойства: при данных температурах разрушается гемицеллюлоза, что

приводит к снижению гигроскопичности древесины вследствие уменьшения гидроксильных групп и повышению биостойкости вследствие уменьшения в материале питательной среды для дереворазрушающих микроорганизмов.

В настоящий момент разработаны технологии термомодифицирования массивной древесины (в виде пиломатериалов) Thermowood®, PLATO-Wood, Oil Heat Treated, Vacuum Plus, в то время как использование процессов термомодифицирования древесного сырья в производстве композиционных материалов оставалось не исследованным.

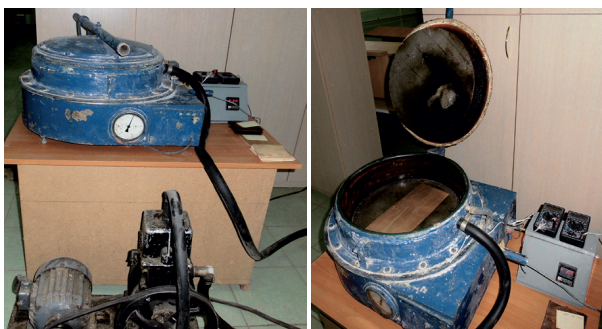


Рис. 1. Экспериментальный стенд вакуумно-контактного термомодифицирования шпона

Для исследования термомодифицирования шпона была разработана экспериментальная установка по вакуумно-кондуктивной термической обработке, состоящая из вакуумной камеры, сообщенной с линией вакуумирования, состоящей из вакуумного насоса и конденсатора (рис. 1). Подвод тепловой энергии к обрабатываемому материалу осуществляется контактным способом с помощью теплоподводящих поверхностей, представляющих собой перфорированную металлическую пластину, обогреваемую с помощью нитей накаливания и теплоизолированную со стороны противоположной обрабатываемому материалу пористым влаго- и воздухопроницаемым материалом.

Установка работает следующим образом. Исследуемый материал взвешивают и помещают в камеру. После чего камеру герметизируют. В работу включаются линия вакуумирования и нагревательные поверхности. В результате плотного контакта материала с греющими поверхностями происходит интенсивное нагревание материала. Температура нагрева контролируется с помощью установленных в плитах термпар и управляющего электронного устройства.

Продолжительность и температура термомодифицирования шпона определяются согласно заданному плану эксперимента. Далее, разгерметизировав напускным клапаном камеру, открывают крышку и исследуют образец.

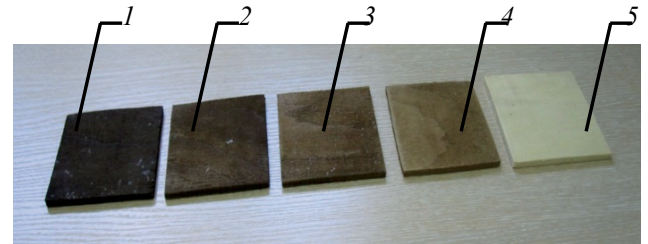


Рис. 2. Образцы трехслойной фанеры, изготовленные из термомодифицированных листов шпона: 1 – $T_{обр} = 533K$; 2 – $T_{обр} = 513K$; 3 – $T_{обр} = 493K$; 4 – $T_{обр} = 473K$; 5 – контрольный образец.

Прошедшие термомодифицирование на пилотной установке листы шпона сортируют по фактуре и цвету, проводят обрезку на определенные форматы для дальнейшего прессования, происходит этап подготовки листов фанеры. Далее на поверхность подготовленных листов шпона контактным методом наносится клей и осуществляется сборка пакетов, которые направляются на горячее прессование. Температура горячего прессования варьировалась в пределах 100-125°C, в зависимости от состава применяемого клея.

Созданная таким образом фанера состояла из склеенных между собой термомодифицированных листов лущеного шпона с взаимно перпендикулярным расположением волокон древесины в смежных слоях. Для проведения исследований изготавливали трех-, пяти- и семислойную фанеру. На рис. 2 представлены образцы трехслойной фанеры, изготовленные из термомодифицированных и необработанных листов шпона.

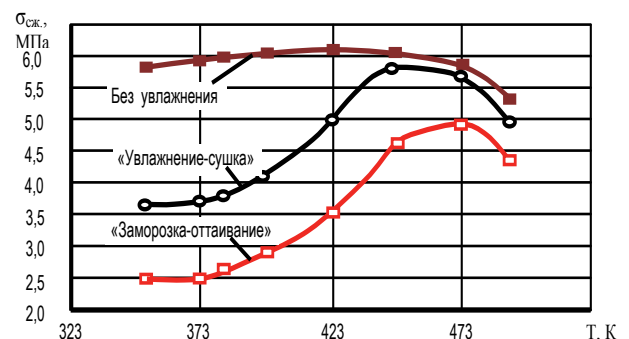


Рис. 3. Предел прочности при статическом изгибе образцов термофанеры.

В результате проведенных исследований по определению предела прочности на статический изгиб термофанеры, полученного из термически обработанных листов шпона и прошедшего увлажнение и сушку с количеством циклов равное 20, заморозку и оттаивание с количеством циклов – 20, получена графическая зависимость, представленная на рисунке 3. Из графика следует вывод, что предварительное термомодифицирование древесных материалов в процессе изготовления термофанеры позволяет значительно увеличить эксплуатационные характеристики данного материала при тепловом воздействии в диапазоне 455-475 К и, как следствие, расширить области его возможного использования.

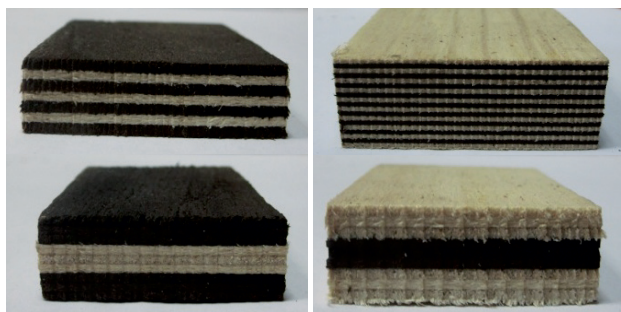


Рис. 4. Образцы фанеры для изготовления сувенирной продукции.

Предложенная технология предварительного термомодифицирования шпона помимо повышения эксплуатационных характеристик продукции показала актуальность в создании художественных изделий из древесины, в частности сувенирной

продукции из фанеры, выполненной из листов шпона с различной степенью термообработки (рис. 4).

На рис. 5 представлена сувенирная продукция, изготовленная из клееного образца с чередованием слоев дубового шпона со степенями термообработки 0,4 и 0,9.



Рис. 5. Сувенирная продукция, изготовленная из клееных листов дубового шпона с различной степенью термомодифицирования.

Как видно из рисунка, чередование листов шпона с различной степенью термообработки при создании клееных изделий позволяет существенно повысить декоративные характеристики продукции.

СУШКА И ТЕРМОВЛАЖНОСТНАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р.Р. Сафин, Ю.П. Семёнов

В статье дана общая характеристика состояния технологии и оборудования для сушки и термообработки древесины и древесных материалов в деревообрабатывающих производствах. Сушка и термообработка наиболее энергоемкие участки деревообрабатывающего производства, определяющие в значительной степени качество продукции и общий объем энергопотребления.

Последние годы произошли определенные изменения в отрасли, оказавшие значительное влияние на состояние сушильного дела. Технология, набор оборудования и энергозатраты различаются в зависимости от вида выпускаемой продукции.

ЛПК делится на следующие отрасли:

1. Лесозаготовки;
2. Лесопильное производство;
3. Производство строительных деталей, деревянное домостроение;
4. Производство клееной фанеры;
5. Производство плитных материалов: ДСП, ДВП, МДФ, ОСБ;
6. Мебельное производство;
7. Производство твердого биотоплива;
8. Целлюлозно-бумажное производство;
9. Лесохимическое производство.

Последние годы активно развивалось деревянное домостроение, производство фанеры и плит. В связи с международным развитием биоэнергетики расширяется производство специальных видов твердого древесного топлива: древесных гранул и брикетов.

Основой деревообрабатывающих производств служит сырьевая база – объем лесозаготовок. На рисунке 1 показано изменения объема лесозаготовок начиная с 1990 г. После значительного падения к 1998 г., следует небольшое возрастание и некоторая стабилизация. По данным Министерства экономики и торговли в 2012 году объем лесозаготовок снизился на 4,5%, хотя общий объем производств в ЛПК вырос на 3,3%.

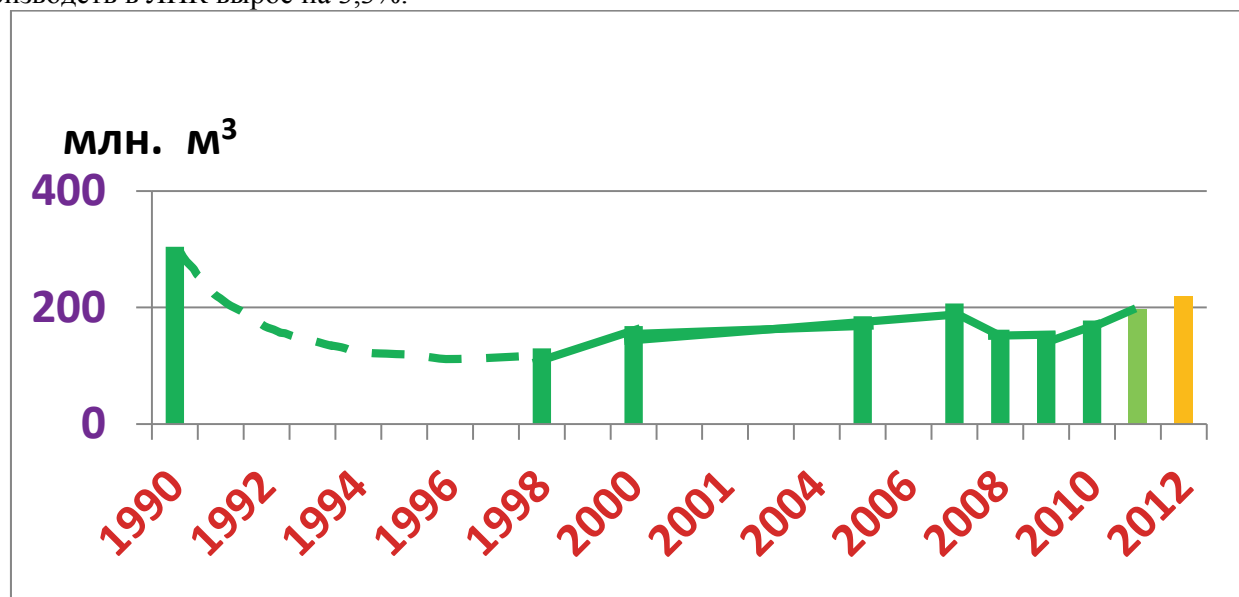


Рис. 1. Объем лесозаготовок в России

Лесозаготовки уменьшились на 50%, объем лесопиления на 60%, но возросло производство фанеры и ДСП. В других отраслях сохраняется уровень 1990 г.

В стоимостном выражении преобладает продукция ЦБП (около 40%).

Годовое потребление энергии по отраслям показано на рис. 2. Максимально потребление на производство целлюлозы, бумаги и картона (~131 ПДж, 56%). В других отраслях – лесопиления,

производстве фанеры и плит, теплота (~94 ПДж, 40%) расходуется в основном, на сушку. Общий расход теплоты ≈ 236 ПДж. Рассмотрим вопрос сушки по отраслям, исключив ЦБП.

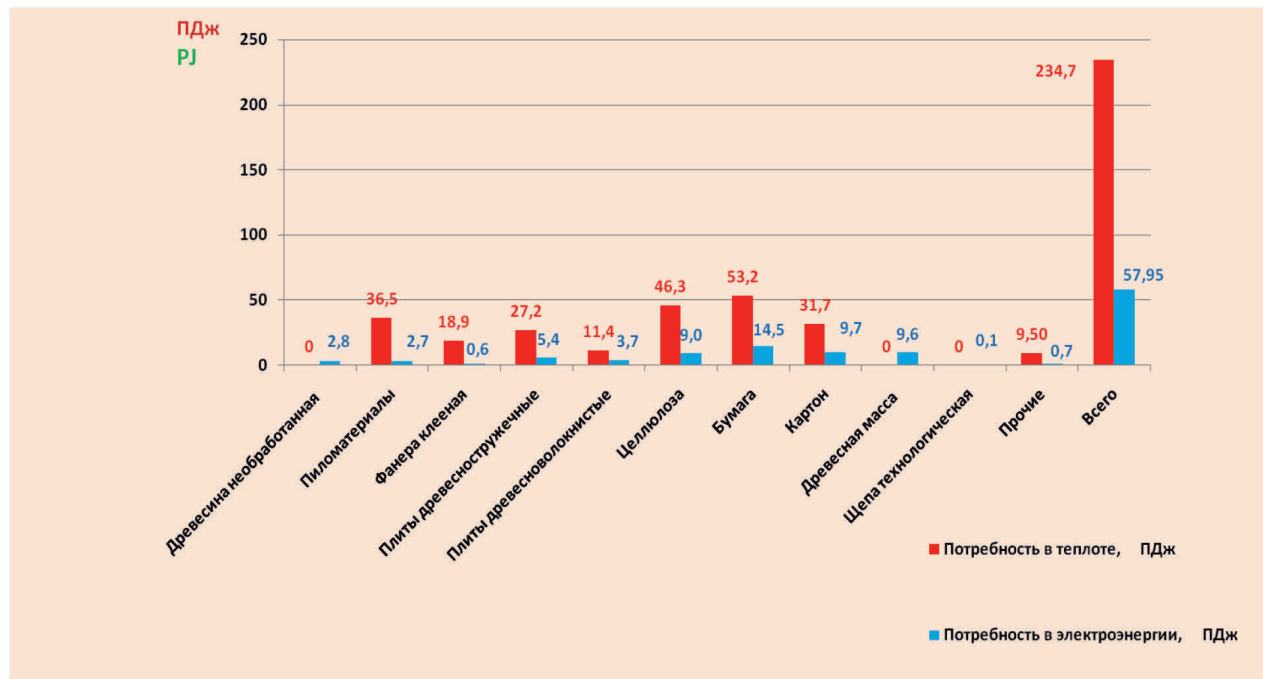


Рис. 2. Потребность в тепловой и электрической энергии в ЛПК России в 2011 г.

В лесопильном производстве в основном используются камерные сушилки для обработки пиломатериалов. Основные теплоносители – вода и пар. Сушилки с аэродинамическим нагревом воздуха практически не используются из-за высокой стоимости электроэнергии.

Пример камеры с поперечной циркуляцией воздуха показан на рис. 3. В промышленности используются импортные камеры и камеры отечественного производства. К сожалению, начинка отечественных камер: вентиляторы, теплообменники, электроника, импортные. Отечественные камеры в основном используются на малых предприятиях, производимых до 50% продукции. По оценкам специалистов до 80% сушильных камер в отрасли импортных.

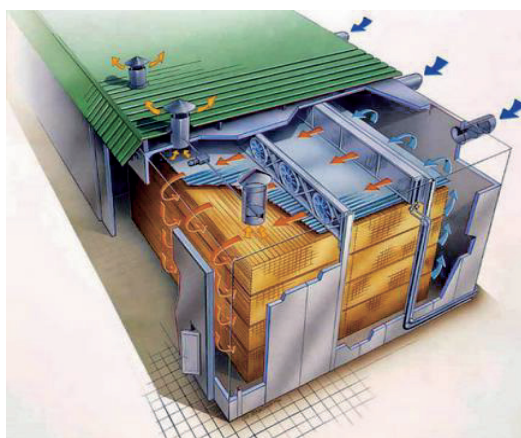
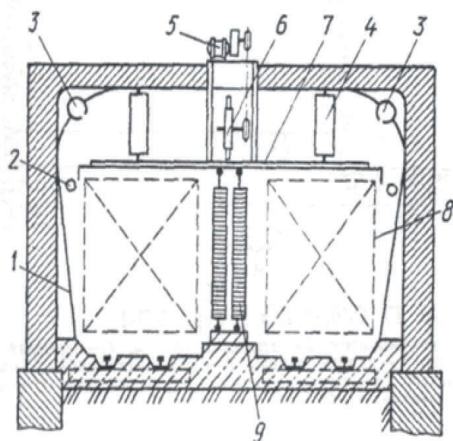


Рис.3. Схема лесосушильной камеры с поперечной циркуляцией теплоносителя: 1 – наклонные экраны; 2 – увлажнительные трубы; 3 – приточно-вытяжные каналы; 4, 9 – калориферы; 5 – привод вентилятора; 6 – вентилятор; 7 – фальш-потолок; 8 штабель.

На следующем рисунке (рис. 4) показаны примеры реализации проектов сушильных камер в разных регионах России.

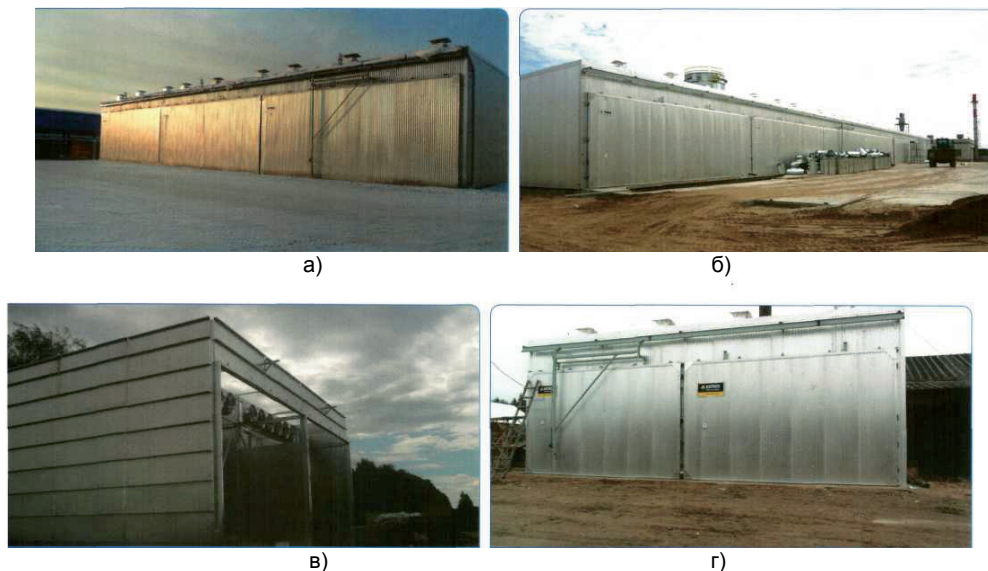


Рис. 4. Реализованные проекты сушильных камер объемом $30 \div 200 \text{ м}^3$ в разных регионах России а) Устьянский ЛПК ($6 \times 200 \text{ м}^3$, $8 \times 200 \text{ м}^3$) (Архангельская обл.); б) Сыктывкарский промкомбинат ($7 \times 120 \text{ м}^3$) (Сыктывкар); в) Дом твоей мечты ($2 \times 100 \text{ м}^3$) (Калужская обл.); г) Суда ($2 \times 60 \text{ м}^3$) (Вологодская обл.)

Нововведения в камерной сушке направлены на повышение качества и сокращение расхода энергии. В своем докладе на прошлом заседании президиума комитета А.Б. Гаряев (доклад представлен на сайте Комитета) обозначил основные направления совершенствования сушильных агрегатов.

Некоторые направления современных исследований экономии энергии при сушке:

- Ликвидация неравномерности влажности материала изменением конструкции камер
- Использование возобновляемых источников энергии (биотоплива)
- Использование вторичных ресурсов
- Использование тепловых насосов при сушке материалов
- Термо-вакуумная и импульсная технологии

В этих направлениях совершенствуются в настоящее время камерные сушилки пиломатериалов. Равномерность сушки обеспечивается равномерной циркуляцией воздуха – средства: оптимизация количества вентиляторов и установки направляющих в воздушных каналах, т.е. воздействием на конструкцию. Эти вопросы рассматривались, например, в работах Федяева А.А. Кроме того есть предложение и реализация его по организации комбинированной поперечной и продольной циркуляции (работы КНИТУ).

Для сокращения расхода теплоты предлагается замкнутая циркуляция воздуха с осушкой в конденсационных аппаратах, а также с использованием тепловых насосов. Имеются опытные и полупромышленные образцы таких камер (рис. 5).

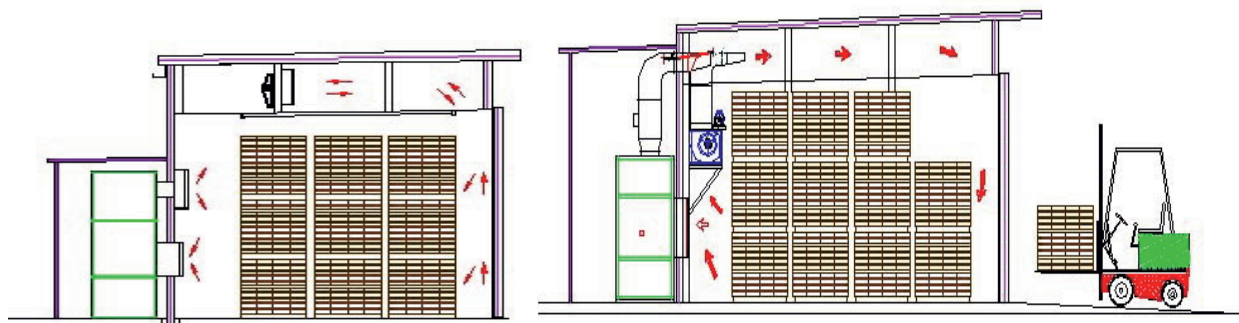


Рис.5. Камерная сушилка с замкнутой циркуляцией и конденсационной осушкой воздуха (КНИТУ)

Ведутся работы по вакуумно-пульсационной сушке с различными способами подводе теплоты: СВЧ – нагрев, контактный нагрев, конвективный.

На рис. 6 показан режим изменения параметров в такой сушилке. Работа проводится в МГУЛ и Казанском национальном исследовательском технологическом университете. Созданы промышленные образцы. Применяются в основном для сушки твердолиственных пород дерева.

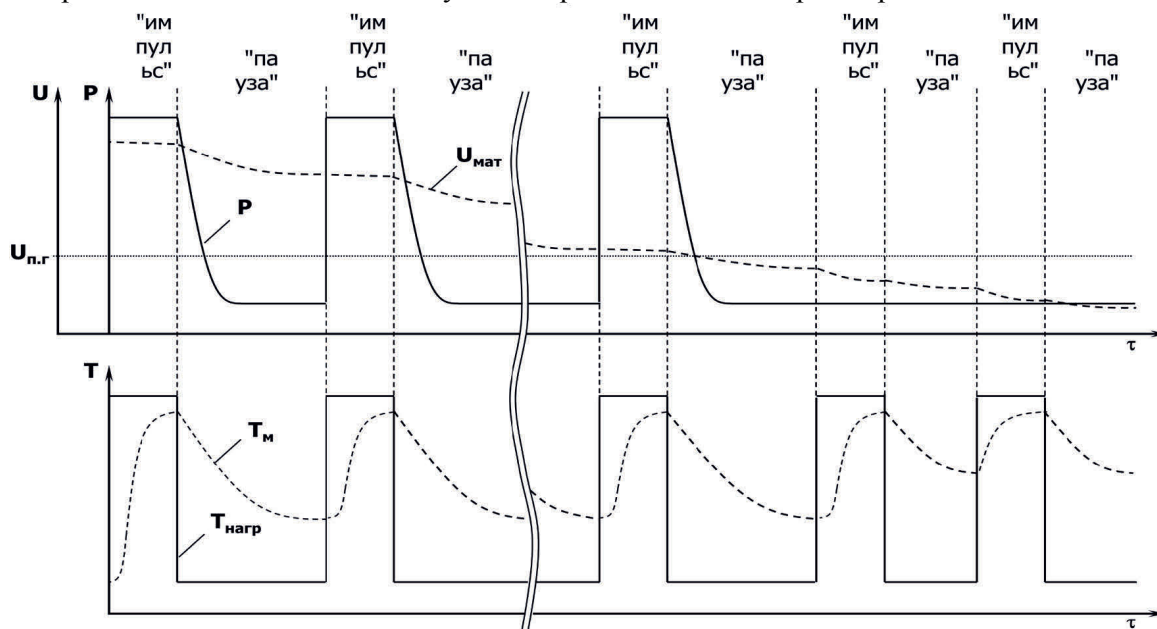


Рис. 6. Схема ведения процесса вакуумно-кондуктивной сушки пиломатериалов методом «импульс-пауза»

Важное условие сокращения себестоимости сушки лесоматериалов – использование собственных топливных ресурсов, в частности отходов лесопиления. Наряду с отходами лесозаготовок и низкосортной древесиной это один из основных источников древесного топлива.

Энергопотенциал низкосортной и дровяной древесины, отходов переработки достаточен для энергообеспечения всей отрасли.

Располагаемый энергопотенциал лесной биомассы вместе с энергопотенциалом агробиомассы представляют основу биоэнергетики в России. Развитие биоэнергетики в нашей стране сдерживается экономическими причинами. Древесное топливо (щепа) конкурентоспособна по сравнению с углем и мазутом. Газ вне конкуренции при существующих ценах.

Надо сказать, что для обеспечения сушки пиломатериалов собственная энергетическая база традиционно используется в большом объеме. В последнее время организовано производство теплогенераторов для сушилок на ряде предприятий: в Коврове, Твери, Кирове и других районах.

В производстве фанеры основные потребители теплоты: пропарочные камеры для подготовки заготовок к лущению шпона, прессы для прессования фанеры и сушилки для сушки шпона.

Возрастания производства фанеры произошло в основном за счет строительства новых заводов на импортном оборудовании, выпускающих большеформатную фанеру, поступающую, как правило, на экспорт.

Методы сушки шпона - используемое оборудование:

- Контактный - Дыхательный пресс;
- Контактно-конвективный - Роликовые сушилки;
- Конвективный - Ленточные сушилки.

На отечественных предприятиях используются в основном роликовые сушилки, обеспечивающие высокую производительность и лучшее качество шпона.

Типы роликовых сушилок:

- паровые с продольным противоточным направлением воздуха;
- паровые с поперечным направлением движения воздуха;
- паровые сопловые;
- газовые с продольным прямоточным движением газозвушной смеси.

Ленточные сушилки, имея определенные преимущества – непрерывность действия и возможность автоматизации процесса, имеют недостатки – низкое качество шпона и др. Поэтому в нашей

промышленности используются мало. В отечественной промышленности наряду с импортными используются сушилки отечественного производства: паровые СУР – 4 и газовые СРГ – 25, СРГ – 50, выпускаемые в настоящее время. Для газовых сушилок используются отечественные теплогенераторы.

Современное строительство ориентировано в основном на импортные линии. На рис. 7 показан пример паровой роликовой сопловой сушилки. До 90-ых годов большая исследовательская работа по сушке шпона проводилась в ЦНИИФ и в вузовских лабораториях. Постепенно количество публикаций по сушке шпона снизилось практически до нуля. В производстве используются старые наработки по режимам сушки. Импортное оборудование поступает уже с отработанными режимами.



Рис. 7. Роликовая паровая сопловая сушилка шпона

Проводимые отечественные исследования посвящены в основном созданию специальных видов фанеры и сушки шпона не касаются.

Сушка измельченной древесины связана с производством плит: ДСП, ДВП, OSB и МДФ. В настоящее время используются в основном барабанные газовые сушилки различных конструкций. Ленточные в небольшом объеме для сушки щепы. Используются большей частью импортные линии. На рис. 8 приведены примеры таких установок. Режимы работы сушильных агрегатов устанавливаются их производителями.

Результат исследований по сушке стружки последнее время не публиковались. Надо отметить, что отечественное производство сушилок для измельченной древесины не заглохло. Выпускаются барабанные сушилки, например, на предприятии в Брянске фирмы «Термотех», разработан агрегат для измельчения и сушки стружки (рис.8). Организация выпуска такого агрегата связана с развитием производства топливных гранул и брикетов.

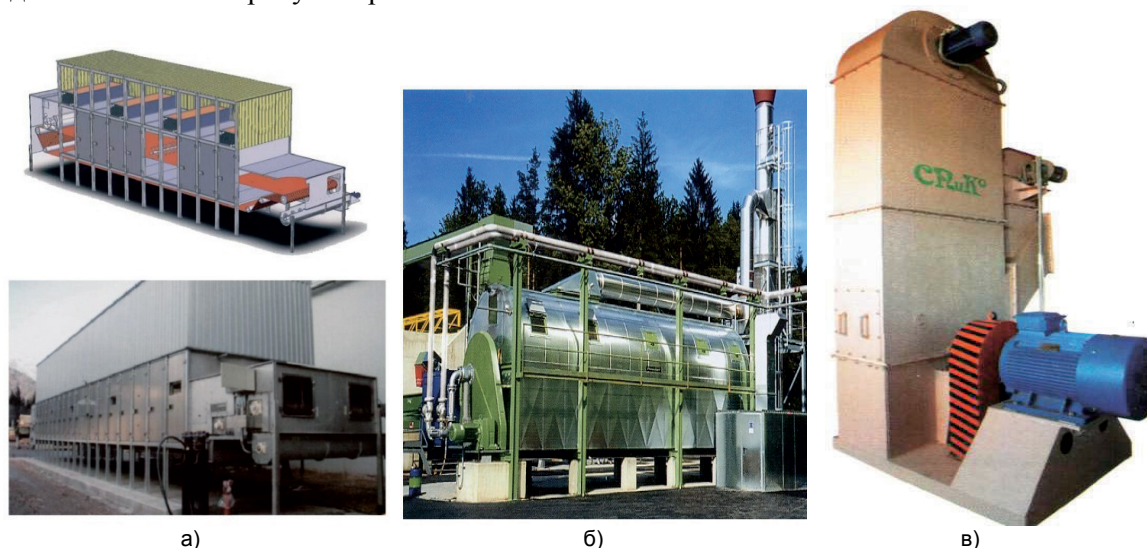


Рис. 8. Ленточная (а) и барабанная (б) сушилки для сушки измельченной древесины; в - установка для измельчения и сушки древесины

Последние годы возникла и относительно быстро развивается производство улучшенного древесного топлива в виде топливных гранул (пеллет) и топливных брикетов. В основном эта отрасль

ориентирована на экспорт продукции в Европу, поэтому она развивается большей частью в северо-западном регионе страны. Схема такого производства показана на рис.9.



Рис. 9. Принципиальная схема завода по производству топливных гранул

Производство включает участок сушки измельченной массы древесины. Используются в основном барабанные сушилки. Есть определенные новации. Например, агрегат для измельчения и сушки материала (рис.8). Последнее время появились технологии производства «черных» термодифицированных (обжаренных) пеллет. По замыслу производителей «черные» пеллеты обладают лучшими свойствами, но, естественно, дороже.

Развитие этой отрасли будет определяться экономическими условиями. Использование пеллет и брикетов может конкурировать только с использованием угля и мазута. Стоимость энергии, получаемой при сжигании пеллет, в три раза дороже энергии, получаемой при сжигании щепы.

Завершить наше сообщение хочу рассказом о сравнительно новом способе термообработки древесины – термомодифицировании, позволяющим получать материал с направленно улучшенными свойствами.

Схема режима термомодифицирования показана на рис. 10. Процесс включает сушку, высокотемпературную сушку для удаления связанной влаги, нагрев и выдержку без доступа воздуха и охлаждение.

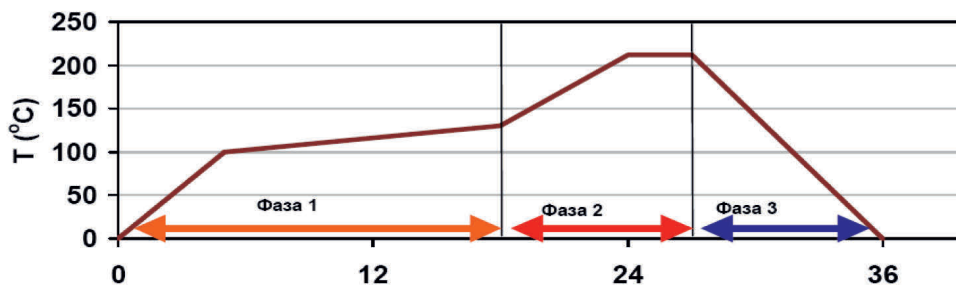


Рис. 10. Схема производственного процесса термомодификации древесины

В результате получают материал с улучшенными свойствами: - повышается устойчивость к биологическому и атмосферному воздействию; - древесина меняет цвет; - уменьшаются коэффициенты разбухания; - снижается равновесная влажность.

Используются различные технологии обработки: в вакууме, в среде топочных газов, в паровой среде, гидрофобных жидкостях. Работы проводятся в Финляндии, Франции, Германии и в России. Теоретические работы по разработке методов расчета режимов проводятся в МГУЛ и Казанском университете. В КНИТУ созданы экспериментальные и полупромышленные установки. Фирма «ВакуумПлюс» выпускает промышленные установки (рис. 11) для термомодификации крупномерных изделий.



Рис. 11. Вакуумная камера термомодификации оцилиндрованных бревен для сруба (Фирма «ВакуумПлюс»)

В обзоре мы не рассмотрели целлюлозно-бумажное производство в частности сушку бумаги, но это особая сфера. Завершая обзор, хочу сказать, что хотя объем исследовательских работ на сушке древесины заметно сократился, есть еще энтузиасты, продолжающие эти работы.

ООО «ПаркТехно»

Основное направление деятельности компании «ПаркТехно» – производство пилорам и иного деревообрабатывающего оборудования. ООО «ПаркТехно» производит современные горизонтальные ленточно-пильные станки.

Перемещение пилы на заданный размер производится под контролем микропроцессорной системы управления в соответствии с заданными размерами, толщиной и указанным количеством пропилов.

Точность распила $\pm 0,5$ мм. достигается за счет использования микропроцессорной системы позиционирования пильной ленты, осуществляющей горизонтальное перемещение ленточной пилы с точностью до 0,1 мм, а также благодаря жесткости рамы пильной каретки и точности направляющих станины.

Высокое качество поверхности пиломатериалов получено за счет использования ленточных пил с твердосплавными или стеллитовыми напайками.

Легкость обслуживания, высокая надежность, возможность длительной эксплуатации в напряженном производственном цикле.



Россия, г. Ижевск, ул. Пойма, д.107

E-mail: parktechno@mail.ru, www.parktechno.ru, тел.: (3412) 24-37-70, 8-919-916-44-77

СЕНТЯБРЬ
SEPTEMBER

9-12

КРАСНОЯРСК
KRASNOYARSK

0+

Ведущая региональная выставка
по деревообработке в России!



XVI МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
«ЭКСПОДРЕВ»

ExpoDrev Russia '14 KRASNOYARSK

XVI ANNIVERSARY INTERNATIONAL SPECIALIZED EXHIBITION

ВЫСТАВКА ДЕРЕВООБРАБОТКИ И ОБОРУДОВАНИЯ

Приглашаем принять участие!

В 2013 году в выставке приняли участие 175 компаний из
17 зарубежных стран и 8 317 специалистов отрасли!

МВДЦ «Сибирь»

г. Красноярск

ул. Авиаторов, 19

тел.: (391) 22-88-616

expodrev@krasfair.ru

www.krasfair.ru

Организаторы:



сибирь
международный выставочно-сервисный центр
имени Карена Мурадяна



Deutsche Messe

Официальная поддержка:



Генеральный
информационный партнер:



Официальное
издание выставки:



Генеральный
интернет-партнер:



Специальный
партнер выставки:



Стратегический
интернет-партнер:



Стратегический
партнер выставки:



Информационная поддержка:





Производство лесопильного
оборудования



(8443) 41-05-41
WWW.GRIZLY.RU

Лесопильные
линии

Угловые станки
"Гризли"

Брусующие
станки

Многопильные
станки

Кромкообрезные
станки

Горбыльные
станки

Торцовочные
станки

Заточные
станки

Околостаночное
оборудование