

Дерево

ISSN 0011-9008

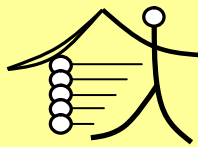
4/2013

обрабатывающая
промышленность

Царёвококшайские ДВЕРИ

Серия Maretti
от итальянского дизайнера
Антонио Маретти
эксклюзивные покрытия
по натуральной древесине

Дерево символ
жизни и
благополучия

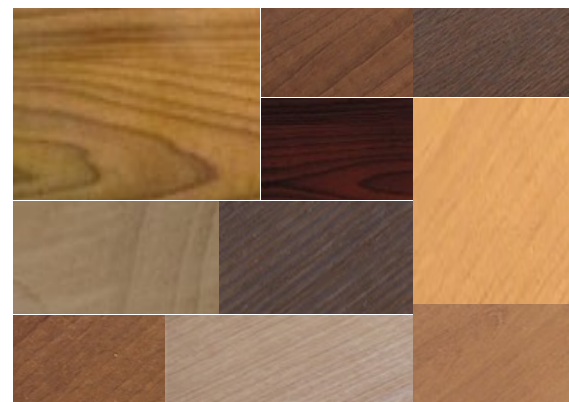


Чистота и сила
природы поражает

**«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

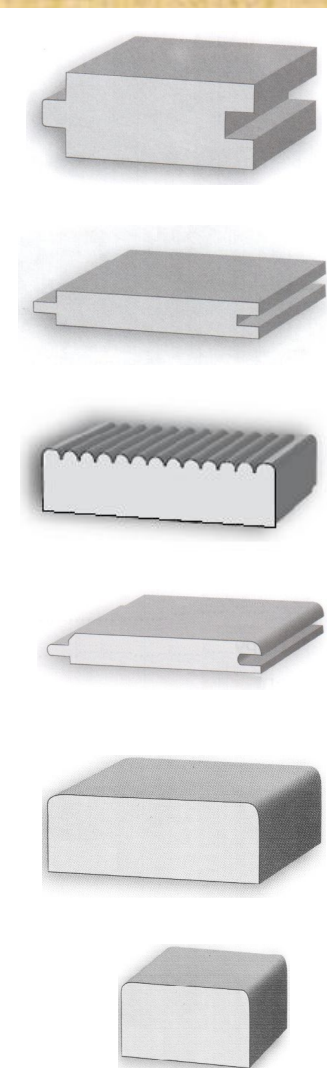
420089, г. Казань, Даурская, д. 41, оф. 3,
ООО «НПП «ТермоДревПром»

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

4/2013

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

Дорогие читатели!

На страницах нашего издания освещаются наиболее передовые разработки ученых и специалистов в деревообрабатывающей отрасли. Публикуется информация о проходящих выставках и конференциях. Ежемесячно журнал распространяется на специализированных выставках и семинарах. Подписчиками являются: библиотеки вузов, профильные учебные заведения, руководители предприятий и частные лица.

Мы заинтересованы в публикации материалов о предстоящих событиях в сфере ЛПК и готовы давать бесплатный анонс выставок, семинаров, программ по обучению и прочих интересных для нашей аудитории мероприятий.

Для наших рекламодателей мы предлагаем различные варианты бесплатных услуг. Например, один раз в год наш корреспондент может написать информационную статью о Вашей фирме.

Мы надеемся, что журнал будет полезен всем нашим читателям.

*С уважением,
редакция журнала.*

Директор журнала

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

Директор по рекламе

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

Дизайн

Ерухимова
Анна Владимировна

«Деревообрабатывающая
промышленность», 2013

Свидетельство о регистрации
СМИ в Роскомпечати
№ 014990

Сдано в набор 03.11.2013.
Подписано в печать 11.11.2013.

Формат бумаги 60x88/8
Усл. печ. л. 8
Тираж 3200 экз. Заказ № 5249
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

Международная лесопромышленная выставка

«ЭКСПОДРЕВ-2013» 3

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

П.А. Кайнов, П.М. Мазуркин Факторный анализ
коэффициента теплопроводности термодревесины 8

M. Gaff, M. Gašparík, Š. Barčík Influence of cyclic loading
on the shape stability of solid beech wood and laminated
wood 15

С. Барсик, Е.Ю. Разумов, М. Квиеткова, Е.В. Микрюкова Возможности использования ювенильной
древесины в деревянных конструкциях 19

Р.Р. Сафин, Ф.В. Назипова, Д.Р. Хазиева Современные
методы сушки пиломатериалов 23

Р.Р. Хасанишин, Р.Р. Зиятдинов, Д.Р. Хазиева, К.Р. Кузнецов Влияние температуры обработки на
водостойкость термофанеры..... 28

С.Барцик, М.Гашпарик, Е.Ю. Разумов, Е.Д. Мифтиева
Нетрадиционные технологии обработки древесины..... 31

А.В. Сафина Анализ потенциалов снижения
энергозатрат деревообрабатывающих предприятий.... 40

Р.В. Данилова, Ф.В. Назипова, С.А. Угрюмов Камера
термомодифицирования пиломатериалов в топочных
газах 44

International Timber Exhibition

«EXPODREV-2013» 3

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

P.A. Kaynov, P.M. Mazurkin Factor analysis of thermal
conductivity coefficient in thermally modified timber 8

M. Gaff, M. Gašparík, Š. Barčík Influence of cyclic loading
on the shape stability of solid beech wood and laminated
wood 15

Š. Barčík, E. U. Razumov, M. Kvietskova E.V. Mikryukova
Feasibility of juvenile wood use in wooden structures 19

R.R.Safin, F.V. Nazipova, D.R. Khazieva Contemporary
methods of sawn wood drying 23

R.R. Khasanshin, R.R. Ziatdinov, D.R. Khazieva , K.R. Kuznetsov The impact of treatment temperature on water-
proofing quality of boil-resistant plywood 28

Š. Barčík , M. Gašparík, E.U. Razumov , E.D. Miftieva
Unconventional techniques of wood processing 31

A.V. Safina Analysis of energy efficiency potential at
woodworking companies 40

R.V. Danilova, F.V. Nazipova, S.A. Ugriumov Chamber of
thermal sawn wood modification in flue gas 44

Итоги

XV международной специализированной выставки

«ЭКСПОДРЕВ»

*Международная лесопромышленная выставка «ЭКСПОДРЕВ–2013»**показала отличные результаты!*

С 10 по 13 сентября в Красноярске с громким успехом прошла XV международная специализированная выставка «ЭКСПОДРЕВ–2013». По праву она считается крупнейшим в России региональным выставочным проектом в области лесной промышленности и деревообработки. Это отметили представители федеральных властей, зарубежные гости и российские специалисты лесного комплекса.

«Отрадно, что сегодняшняя юбилейная выставка получила новое звучание – была признана на федеральном уровне. То, что заместитель министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации Владимир Лебедев приехал к нам посмотреть на территорию с крупнейшими запасами лесных ресурсов, подчеркивает значимость краевой лесной отрасли и людей, которые в ней работают», – отметил на церемонии открытия выставки **Губернатор Красноярского края Лев Кузнецов**.

Огромную значимость выставки «ЭКСПОДРЕВ» для развития экономики региона подчеркнул и **руководитель Агентства лесной отрасли Красноярского края Михаил Малькевич**: «Могу утверждать это как человек, в свое время принимавший участие в организации первой такой выставки в середине 90-х годов. На тот момент в ЛПК края использовались в основном устаревшие технологии и оборудование. С началом проведения выставок к нам стали приезжать иностранные производители и их дилеры, которые привозили современную технику и технологии. Было положено начало техперевооружению краевых лесопромышленных предприятий. Что мы видим сегодня? <http://www.krasfair.ru/rus/news/photo/2013/17-expodrev/expodrev-2013-163.jpg>. На «ЭКСПОДРЕВ-2013» приехало около 200 представителей мировой машиностроительной индустрии, производящих современнейшее оборудование. В числе участников я видел одну из немецких фирм – производителя № 1 в мире лесопильной техники. Ее приезд к нам говорит о том, что здесь ее продукция нужна, что лесопромышленный комплекс края наращивает темпы развития. Еще я бы отметил приезд в этом году представителей немецкой Ассоциации машиностроительных предприятий. Это свидетельствует о том, что выставка «ЭКСПОДРЕВ» по-настоящему вышла на международный уровень».

Тему охотно поддержал **Йенс Рорбех, представитель Ассоциации VDMA (Германия)**: «Это действительно выставка международного уровня, и при этом крупнейшая за Уралом. Для нас участие в ней очень важно, поскольку мы заинтересованы в развитии деловых контактов с вашим регионом. Выставка же является замечательной платформой для этого. Более того, так считаем не только мы. Наши коллеги из скандинавских стран разделяют наше мнение и тоже довольны своим участием в «ЭКСПОДРЕВ-2013».

Несомненно, положительные отзывы о выставке в полной мере обоснованы. В этом году «ЭКСПОДРЕВ» стал **рекордным проектом** за всю историю проведения. Проект вырос **на 70 %** по выставочной экспозиции, заняв абсолютно все площади МВДЦ «Сибирь», а это **12 540 квадратных метров**. Со своими стендами выступили **175 участников**, из них **55 экспонентов приехали из-за рубежа**. Существенно расширилась и география компаний-участниц: **19 зарубежных стран** (Австрия, Германия, Италия, Китай, Чехия, США, Голландия, Словения, Тайвань, Турция, Финляндия, Япония, Латвия, Эстония, Швеция, Беларусь и т. д.) и **18 регионов России** (Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Великий Новгород, Киров, Иркутск, Пермь, Челябинск, Барнаул и др., Красноярск и Красноярский край).

За 4 дня выставку посетило **8 317 человек**, в их числе **82 %** – специалисты лесной промышленности. Это гости из **16 зарубежных стран**, **19 регионов России**, **16 городов** и **25 районов Красноярского края**.

Такое повышенное внимание к «ЭКСПОДРЕВ–2013» обусловлено масштабом экспозиции. Основными разделами выставки стали технологии, техника и оборудование для лесозаготовки, деревообрабатывающей промышленности, производства мебели; лесопильное оборудование; комплектующие для оборудования, инструмент и оснастка для мебельных и деревообрабатывающих производств; оборудование и инструмент для деревянного строительства; технологии и оборудование для производства древесных плит, фанеры и шпона, а также для переработки, утилизации отходов и производства биотоплива. Кроме того, здесь можно было найти упаковочное, транспортировочное и складское оборудование; пиломатериалы, древесные плиты, шпон, фанеру; предложения по строительству деревянных домов; столярные изделия, погонаж, двери, окна; различную лесопroduкцию, ПО для деревообрабатывающих и мебельных производств; новые разработки отрасли, услуги инжиниринга и т. д.

В число участников вошли General Dies (Италия), ЗАО «Коминвест-АКМТ» (Москва), BG Holztechnik (Санкт-Петербург), USNR (США), Liebherr (Москва), EWD (Германия), ООО «Доза-Гран» (Нижний Новгород), Ассоциация «КАМИ» (Москва), Polytechnik (Австрия), Veisto (Финляндия), SAB (Германия), Komatsu Forest (Санкт-Петербург), Metso (Финляндия), Czech Woodworking Machinery Manufacturers Association (Чехия), Спекта Интерпак (Москва), Ari Vislanda (Швеция), Hekotek (Эстония), Амкодор (Республика Беларусь) и многие другие.

Среди новинок в этом году можно было найти комплексные системы для переработки древесины от американской компании, которая является лидером на рынке такого оборудования.

Здесь же презентовали новую технологию производства древесных плит «Эковит», позволяющую снизить уровень лесопользования в крае, увеличить экспорт продукции, снизить пожароопасность лесов и улучшить экологию жилища.

Также на «ЭКСПОДРЕВ–2013» представили современные станки и производственные установки; новейшую бескамерную кассетную сушилку для древесины; котельные установки, работающие на древесных отходах; системы измерения и контроля для всех стадий производственных процессов – от сортировки бревен до предпродажной подготовки продукции – и многое другое.

Кроме того, профессионалов отрасли заинтересовали высокопрочные стальные ленты для автоматической и ручной упаковки крупногабаритных и тяжелых грузов, которые отличаются от аналогов высокими прочностными характеристиками и антикоррозионным покрытием.

Огромным успехом пользовалась уличная площадка спецтехники, ставшая крупнейшей в России. Ведущие мировые бренды техники для лесозаготовки и транспортировки Ponsse (Финляндия), John Deere (США), Komatsu Forest (Швеция), Liebherr (Германия), Tigercat (Канада), «Амкодор» (Республика Беларусь), ХК «Подъемные машины», Майкопский машиностроительный завод представили свои лучшие модели.

Небывалый интерес к выставке подогрела масштабная конгрессная часть, ключевым событием которой впервые стал Лесопромышленный форум Сибири. В Форуме приняло участие **1173 представителя лесной отрасли**.

Череду жарких дискуссий открыло пленарное заседание, где в качестве спикеров и слушателей выступило **367 человек**. В числе выступающих – замминистра природных ресурсов и экологии РФ – руководитель Федерального Агентства лесного хозяйства **Владимир Лебедев**, Губернатор Красноярского края **Лев Кузнецов**, министр природных ресурсов и экологии Красноярского края **Елена Вавилова**, руководитель агентства лесной отрасли края **Михаил Малькевич** и другие. Среди участников – гости из зарубежных стран – Германии, Китая, Чехии, Финляндии, Японии, США, Италии, Латвии и т.д.

Всего в рамках Форума прошло **6 круглых столов, семинаров и конференций** на темы:

- «Кадровый потенциал лесной отрасли с учетом модернизации действующих мощностей лесопромышленного комплекса. Пути повышения престижа профессий лесной отрасли. Инновационные пути обучения»;

- «Работа лесоперерабатывающего комплекса края в условиях ВТО»;
- «Инновации, биоэнергетика и биотехнологии лесного комплекса»;
- «Лесовосстановление, лесозащита: вопросы, задачи, необходимость»;
- «Рациональное использование и сохранение лесов Красноярского края»;

- «География и современная качественная оценка лесных ресурсов России и Красноярского края».

Особое внимание было уделено вопросам развития **биоэнергетики** на территории Красноярского края. Ознакомившись с экспозицией выставки и проведя ряд встреч, **Владимир Лебедев** рассказал, что 31 мая 2013 года Правительством РФ утвержден план мероприятий по созданию благоприятных условий по использованию возобновляемых древесных источников и разработаны финансовые инструменты для поддержания этого процесса.

«На сегодня определены 10 пилотных регионов, где будут отрабатываться механизмы развития биотехнологий и биоэнергетики. И Красноярский край одним из первых вошел в их число. У краевых предприятий есть долгий и очень интересный опыт по производству биотоплива, также в регионе работают специальные отраслевые программы», – пояснил Лебедев. Кроме того, замминистра отметил, что перспективы развития биоэнергетики для России и, в частности, для Красноярского края очень заманчивы. Уже сегодня Европа готова потреблять 6-8 млн.т биотоплива ежегодно, а к 2030 году эта цифра возрастет до 40 млн.т. В то же время Россия на данный момент производит всего около 1 млн. т топлива из древесных отходов.

Министр природных ресурсов и экологии Красноярского края **Елена Вавилова**, со своей стороны, заявила, что в Красноярском крае огромный потенциал для развития биоэнергетики. «В рамках программы по внедрению биоэнергетики и биотехнологий на 2014-2016 год в крае планируется создание трех новых производств по выпуску пеллет, двух – по выпуску топливных брикетов, нового производства по выпуску древесного угля. Также планируется начать перевод котельных предприятий и муниципальных образований с мазута на возобновляемые источники топлива», – рассказала краевой министр.

Надо сказать, всеми участниками Форума была поддержана мысль, что подобное мероприятие должно стать ежегодным. Именно здесь, на выставке «ЭКСПОДРЕВ», Форум становится наиболее актуальным, собирая на одной площадке не только специалистов отрасли для обсуждения важнейших вопросов, но и ведущие технологии, благодаря которым совершенствуется лесной комплекс Красноярского края и Сибирского федерального округа.

Еще одним значимым событием Форума – и это было впервые – стали **экскурсии на ведущие деревообрабатывающие предприятия Красноярского края**. Так, представителям иностранных делегаций организовали экскурсию на самое современное в России мебельное производство компании **«Мекран»**. Гостям показали производственные цеха и линии, рассказали о технологиях и материалах, из которых изготавливается мебель. После экскурсии зарубежные специалисты признавались, что не ожидали увидеть в Сибири ничего подобного. Глава немецкой делегации – представитель Ассоциации машиностроительных предприятий Германии (VDMA) **Йенс Рорбех** отметил, что был очень удивлен проектом: «У меня остались очень хорошие впечатления от увиденного. Особенно удивило и порадовало, что основная часть оборудования фабрики – от немецких производителей. Безусловно, качество мебели «Мекран» соответствует европейскому уровню. Я желаю компании дальнейших успехов в развитии и надеюсь, что она будет предоставлять качественную продукцию своим заказчикам».

Кроме того, участники Лесопромышленного форума Сибири во главе **Владимира Лебедева и Йенса Рорбека** посетили одну из самых современных в мире лабораторий **ДНК-анализа Центра защиты леса Красноярского края**. Надо сказать, что Центр защиты леса (ЦЗЛ), совместно с центральным офисом в Пушкино, уже несколько лет ведет инновационные для лесозащиты проекты, в том числе участвует в расшифровке генома лиственницы; разрабатывает специализированное программное обеспечение, компилирует картографический web-сервер с лесопатологическими данными, осваивает генетические методы, способные вывести лесозащиту на принципиально новый уровень. На данный момент организацией уже получены первые существенные результаты, которые и были представлены Владимиру Лебедеву и г-ну Рорбеку во время их визитов.

Важно сказать, что выставка «ЭКСПОДРЕВ» заручилась поддержкой Ассоциации «Древмаш». Вот что рассказал **Владимир Горбенко, генеральный директор Ассоциации «Древмаш»**: «Начиная с этого года, мы поддерживаем красноярскую выставку. Поддерживать ее мы будем и в дальнейшем. Причины этого очевидны: Красноярский край – это крупнейший лесной регион и, соответственно, лесопромышленный комплекс имеет здесь большое значение».

Новизну проекту «ЭКСПОДРЕВ» придал европейский опыт по организации мобильной телестудии **Expodrev TV**. Это уникальная для региональных выставок находка. Благодаря этому можно было следить за происходящим на выставке в режиме реального времени, для чего была организована онлайн-

трансляция на сайте «Красноярской ярмарки». К слову, со всеми видеоматериалами можно ознакомиться на сайте выставки «ЭКСПОДРЕВ».

Напомним, международная специализированная выставка «ЭКСПОДРЕВ–2013» прошла в Красноярске с 10 по 13 сентября. В 2014 году она откроется 9 сентября и продлится до 12 сентября включительно.

Комментарии участников:

Алан Цингер, генеральный директор USNR (США) в России:

– В выставке мы принимаем участие уже в пятый раз. В этом году выставка оставила очень хорошие впечатления. Мы участвуем обычно только в двух выставках – в Москве и Красноярске. Здесь мы встречаемся со своими клиентами, причем как с теми, кто уже является нашим партнером, так и находим новых. Главные цели – предложить наши услуги и продукцию. В этом году мы открываем новый офис сервиса и запчастей, к тому же мы получили статус ООО, что дает нашим клиентам возможность заказать запчасти для нашего оборудования уже в российской компании. Мы предлагаем комплексные системы – от сортировки и окорки бревен до сушильных камер и высокоскоростной строжки. Наша компания – крупнейший в мире производитель комплексных систем для переработки древесины. При этом все оборудование произведено в США. В следующем году мы снова будем участвовать в выставке «ЭКСПОДРЕВ».

Штепан Йилек, директор московского представительства Чешского агентства по поддержке торговли CzechTrade (отд. Посольства Чешской Республики в Москве):

– Цель нашего приезда – посмотреть, какие возможности есть для чешских компаний в освоении этого региона. Если результаты окажутся высокими, то в следующем году уже хотелось бы приехать сюда с более широкой экспозицией и привезти оборудование и технику. В этом году мы представили здесь заочно 15 компаний, которые входят в Союз деревообрабатывающих компаний. Это и те, кто занимается первичной переработкой дерева, есть те, кто занят в сфере биотехнологий. Чешское машиностроение всегда славилось своим качеством. Поэтому то оборудование, которое мы предлагаем, очень высокого качества и при этом на него умеренные цены. Красноярский край – один из ключевых регионов, откуда идет большое количество дерева, здесь же его надо перерабатывать. Поэтому нашим компаниям выгодно искать здесь партнеров и клиентов. Впечатления выставка оставила только положительные, поэтому в следующем году снова приедем в Красноярск на «ЭКСПОДРЕВ».

Герман Рошковский, к.х.н., директор ООО «Концепция лесопиления» (Санкт-Петербург):

– На «ЭКСПОДРЕВ» в этом году мы приехали с целью показать наш товар, познакомить с нашими технологиями. Шведские технологии, которые применяются в производстве, одни из самых передовых в мире. Лес в Швеции по своей структуре близок к российскому, поэтому наш опыт будет ценным и для российских лесопереработчиков. Мы представляем несколько компаний. Одна из них разрабатывает и производит лесопильные линии на базе фрезерно-брусочных профилирующих станков. Все процессы полностью автоматизированы и компьютеризированы. Оператор просто вводит программу, и компьютер сам разрабатывает оптимальную схему распила бревна. Вторая компания производит линии сортировки доски уже после лесопиления. Это оборудование обеспечивает точную сортировку по качеству, по геометрии, причем также без участия человека. Третья фирма обеспечивает электроникой, автоматизируя процессы лесопиления и сортировки. Это 3D-сканеры, рентгеновские сканеры, позволяющие сортировать даже по типу древесины. Мы всегда участвуем в выставках Москвы, Санкт-Петербурга, Вологды и, конечно, Красноярска. Красноярский край – это один из самых лесных регионов России, богатый по ресурсам и своим возможностям, и в следующем году мы снова планируем принимать участие в выставке «ЭКСПОДРЕВ».

Карло Боттоли, управляющий консультант компании GENERAL DIES (Италия), и Марина Попова, сотрудница департамента продаж GENERAL DIES (Италия):

– Мы представляем на выставке «ЭКСПОДРЕВ» итальянскую компанию, которая находится в Вероне. На рынке компания GENERAL DIES существует уже более 60 лет. Все производство поделено на два сектора: первый выпускает запчасти, другой – непосредственно то оборудование, которое использу-

ется для гранулирования. Мы производим оборудование для изготовления пеллет для разных направлений индустрии – и деревообрабатывающей, и для производства комбикормов, и др. Раньше мы участвовали только в московской выставке. В этом году решили приехать в Красноярск. Главная наша цель – найти здесь, на постоянно развивающемся российском рынке, новых партнеров и клиентов. Хочется отметить, что в Красноярском крае мы впервые, но здесь для нас большой потенциал. Поэтому мы хотели бы снова участвовать в выставке «ЭКСПОДРЕВ» в следующем году. Еще нужно сказать, что город произвел на нас хорошее впечатление, организаторы выставки очень доброжелательные, отзывчивые.

Тимофей Богатенко, директор по продажам и маркетингу филиала ООО «Комацу СНГ» (Ленинградская область):

– В этом году мы уже в третий раз приехали на выставку в Красноярск. Ежегодно привозим сюда свои новинки. Сегодня это уникальные машины для лесной отрасли – харвестер и форвардер, которые не имеют аналогов по своей функциональности и комплектации. Наша компания является лидером по выпуску лесозаготовительной техники. Для нас Красноярский край – это один из приоритетных рынков, так как он по праву считается одним из самых лесных регионов России. Я уверен, что мы продолжим участие в «ЭКСПОДРЕВ» и в следующем году.

КОМПАНИЯ «КУПЕЦ»



Пеллетные котлы - это технология Hi-Tech, которая позволяет полностью автоматизировать работу котельной вашего дома (использование дров и угля не дают такую возможность). После подключения к системе отопления такая котельная может работать длительное время без участия человека.



www.budetteplo.ru

Компания Купец
г. Пермь, ул. Монастырская, 12А, офис, 4
+7 342 210-32-20, +7 342 298-89-25

УДК 674.8: 66-963: 66-971.2: 51.74

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕРМОДРЕВЕСИНЫ

П.А. Кайнов, П.М. Мазуркин

В статье кратко показаны методики факторного анализа и идентификации устойчивых закономерностей изменения коэффициента теплопроводности от температуры модифицируемой древесины сосны.

Ключевые слова: модификация, температура, теплопроводность

The article briefly shows the method of factor analysis and identification of stable regularities of changes in the coefficient of thermal conductivity on temperature modifiable pine wood.

Keywords: modification, temperature, thermal conductivity

Введение

Во всём мире технология термомодифицирования древесины находится в основном на стадии разработки и оптимизации, поэтому актуальным становится итерационное уточнение математической модели динамики полей температур и концентрации древесины. Уточнение выполняется включением в модель дополнительных эмпирических закономерностей, выявленных статистической обработкой результатов экспериментов.

Однако существующая математическая статистика дает только полиномиальные эмпирические закономерности, составные части которых, кроме первых двух для образования линейной модели, не имеют физико-химического смысла. При решении каждой научно-технической задачи приходится возвращаться к исходным дифференциальным уравнениям с поиском новых ограничений, допущений и граничных условий. В итоге сложные процессы термодинамики древесины не могут достаточно полно осознаваться экспериментатором, и это сдерживает развитие науки о термической обработке древесины при глубокой переработке древесных материалов и модифицировании полуфабрикатов и изделий. Исходные данные [1] приведены в табл. 1. В ней приняты следующие условные обозначения: T - температура обработки, К; ρ - плотность древесины, кг/м³; T_m - температура материала, К; λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

Всего в табл. 1 содержатся четыре параметра, которые для факторного анализа [3] разделяются на две группы: влияющие (объясняющие переменные x) и зависимые параметры (показатели y). Подробнее на сквозных примерах методология факторного анализа и структурно-параметрической идентификации по устойчивым

законам и биотехническим закономерностям дана в книге [4].

Табл. 1. Параметры термомодифицированной древесины сосны

Влияющие		Зависимые	
T , К	ρ , кг/м ³	T_m , К	λ , Вт/(м·К)
453	426	324	0.080
453	426	334	0.069
453	426	340	0.055
473	408	318	0.079
473	408	331	0.065
473	408	339	0.041
493	387	318	0.071
493	387	328	0.059
493	387	333	0.039
513	370	322	0.068
513	370	339	0.041
513	370	342	0.033

По примеру из табл. 1 оказалось, что полный факторный анализ возможен, потому что исходные значения параметров T и ρ виртуально зависят от выходных факторов T_m и λ процесса модифицирования древесины. Иначе говоря, в термодинамическом процессе все параметры изменчивые.

Общая детерминированная закономерность

Полученные данные из табл. 1 обрабатывали в программной среде типа CurveExpert по обобщенной трендовой модели

$$y = a_1 x^{a_2} \exp(-a_3 x^{a_4}) + a_5 x^{a_6} \exp(-a_7 x^{a_8}), \quad (1)$$

где y - показатель или зависимый фактор, в примере параметры по табл. 1; x - объясняющая переменная или влияющий фактор, также в табл. 1; $a_1 \dots a_8$ - параметры модели (1), получаемые в программной среде CurveExpert.

Эта двухчленная формула была получена на

десятках тысяч примеров идентификацией устойчивых законов (табл. 2) [2-4]. При этом первая составляющая, как правило, показывает естественный процесс или явление, а вторая и последующие члены формулы (1) характеризуют, как правило, антропогенное или биогенное влияние.

венный процесс или явление, а вторая и последующие члены формулы (1) характеризуют, как правило, антропогенное или биогенное влияние.

Табл. 2. Математические конструкторы для построения статистической модели

Фрагменты без предыстории изучаемого явления или процесса	Фрагменты с предысторией изучаемого явления или процесса
$y = ax$ - закон линейного роста или спада (при отрицательном знаке перед правой стороной формулы)	$y = a$ - закон не влияния принятой переменной на показатель, который имеет предысторию значений
$y = ax^b$ - закон показательного роста (гибели) $y = ax^{-b}$ не является устойчивым, из-за бесконечности при нулевом значении объясняющей переменной)	$y = a \cdot \exp(\pm cx)$ - закон Лапласа (Ципфа в биологии, Парето в экономике, Мандельброта в физике) экспоненциального роста или гибели
$y = ax^b \exp(-cx)$ - биотехнический закон в упрощенной конструктивной форме	$y = a \cdot \exp(\pm cx^d)$ - закон экспоненциального роста или гибели по П.М. Мазуркину
$y = ax^b \exp(-cx^d)$ - биотехнический закон, предложенный проф. П.М. Мазуркиным	

Уровни адекватности

Далее примем правила отбора тех или иных бинарных факторных связей типа (1) для последующего математического и графического анализа.

В табл. 3 приведены интервалы изменения коэффициента корреляции при различных характеристиках связи между учтенными факторами.

Однако существующая шкала квантификации тесноты связи является очень грубой. Поэтому нами была предложена для технических экспериментов, в которых погрешность измерений не превышает 5%, другая шкала (третий столбец

табл. 3). Но для биотехнических объектов пришлось ввести еще два интервала, что нами было достигнуто только при моделировании распределений рядов простых чисел [4]. Это указывает на высокий уровень проявления закономерности (1) на параметрах деревьев и древесины.

Факторный анализ и рейтинг факторов

В табл. 4 приведены результаты факторного анализа [3] и рейтинга двух групп влияющих и зависимых факторов, приведенных в табл. 1. В диагональных клетках ранговые распределения не рассматриваются.

Табл. 3. Уровни адекватности факторных связей

Интервал коэффициента корреляции	Характер тесноты связи между факторами		
	Существующая классификация	Для технических экспериментов	Уточненная шкала
1	сильная связь	однозначная	однозначная
0,99...1,00		сильнейшая	почти однозначная
0,95...0,99			сверхсильная
0,90...0,95			сильнейшая
0,7...0,9	слабая связь	сильная	сильная
0,5...0,7		средняя	средняя
0,3...0,5		слабоватая	слабоватая
0,1...0,3	нет связи	слабая	слабая
0,0...0,1		слабейшая	слабейшая
0		нет связи	нет связи

Табл. 4. Факторный анализ параметров модифицируемой древесины по трендовым формулам

Параметр термомодифицирования (влияющий фактор x)	Зависимый фактор (показатель y)				Сумма коэфф. корр.	Место I _x
	T, K	ρ, кг/м ³	T _м , K	λ, Вт/ (м·K)		
T - температура обработки, K	1	0,9992	0,2755	0,4812	2,7559	3
ρ - плотность древесины, кг/м ³	0,9992	1	0,3732	0,4764	2,8488	2
T _м - температура материала, K	0,2607	0,0177	1	0,8166	2,0950	4
λ - теплопроводность, Вт/ (м·K)	0,6311	0,6213	0,8257	1	3,0781	1
Сумма коэффициента корреляции	2,891	2,6382	2,4744	2,7742	10,7778	-
Место I _y показателя	2	3	4	1	-	0,6736

На первом месте как влияющая переменная и как зависимый показатель оказался коэффициент теплопроводности. На втором месте по влиянию оказалась плотность древесины. Как зависимый показатель на втором месте находится температура обработки.

Коэффициент коррелятивной вариации для всего множества влияния $42 = 16$ отношений между факторами будет равен $10,7778 / 16 = 0,6736$. Этот критерий (термин «коррелятивная вариация» по Ч. Дарвину) применяется при сравнении отдельных экспериментов и различных объектов исследования, в данном случае термического процесса модифицирования древесины в пиломатериалах.

Волновая термодинамика

Она выявляется идентификацией закономерности

Табл. 5. Факторный анализ параметров модифицируемой древесины по волновым функциям

Параметр термомодифицирования (влияющий фактор x)	Зависимый фактор (показатель y)				Сумма коэфф. корр.	Место I _x
	T, K	ρ, кг/м ³	T _м , K	λ, Вт/ (м·K)		
T - температура обработки, K	1	0,9992	0,2755	0,4812	2,7559	3
ρ - плотность древесины, кг/м ³	0,9992	1	0,3732	0,4764	2,8488	2
T _м - температура материала, K	0,2607	0,0177	1	0,9348	2,2132	4
λ - теплопроводность, Вт/ (м·K)	0,8816	0,9109	1,0000	1	3,7925	1
Сумма коэффициента корреляции	3,1415	2,9279	2,6487	2,8924	11,6104	-
Место I _y показателя	1	2	4	3	-	0,7257

Волновыми оказались четыре закономерности или $4 \times 100 / 16 = 25\%$. Их коэффициенты корреляции выделены полужирным шрифтом. Среди влияющих переменных на первом месте уверенно сохранилась теплопроводность древесины. А вот волновые закономерности поменяли первые два места у рейтинга показателей. На первом месте как надежный индикатор термодинамического процесса оказывается исходная температура обработки древесины. А на второе место встала плотность древесины. При этом коэффициент коррелятивной вариации возрос до 0,7257 или на 7,73%.

$$Y = \sum_{i=1}^m Y_i,$$

$$Y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cdot \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i}), \quad (2)$$

где Y - показатель, в нашем примере любой из четырех показателей из табл. 4; i - номер члена общей формулы (2); m - количество составляющих общей формулы, шт.; x - любой из четырех влияющих переменных процесса термомодифицирования; a₁...a₈ - параметры формулы (2), физически представляемого как асимметричный вейвлет-сигнал с переменными амплитудой и частотой колебательного возмущения древесины при обработке теплом.

Данные идентификации модели (2) представлены в табл. 5.

При этом резко возрастает объем понятий или эвристический смысл апостериорной информации от анализа закономерностей.

Сильные факторные связи

В табл. 6 оставлены только сильные связи, то есть закономерности с коэффициентами корреляции свыше 0,7. В итоге доля сильных бинарных факторных связей оказалось равной $100 \times 6 / (16 - 2) = 50\%$.

Моделирование показало, что линейные отношения между факторами T и ρ относятся к же-

сткому планированию эксперимента. Поэтому в будущих опытах нужно проводить эволюционное планирование эксперимента, чтобы получить более объективные взаимные отношения между температурой обработки и плотностью древесины. При этом нужно помнить, что исходная температура обработки «плавает», то есть меняет свои значения в процессе термического модифицирования. Тогда получается, что и плотность древесины меняется в динамике процесса от исходного значения до плотности модифицированной древесины.

Табл. 6. Сильные бинарные связи с корреляцией не менее 0,7

Параметр x	Зависимый фактор (показатель y)			
	T, К	ρ , кг/м ³	T _м , К	λ , Вт/(м·К)
T, К	-	0,9992	-	-
ρ , кг/м ³	0,9992	-	-	-
T _м , К	-	-	-	0,9348
λ , Вт/(м·К)	0,8816	0,9109	1,0000	-

Неравновесная термодинамика

Итак, термические процессы в ходе процесса модификации древесины находятся в динамическом равновесии, то есть в каждый момент времени они не равновесны по состоянию. Для характеристики этого неравновесия исключим из табл. 6 два жестких параметра и оставим в табл. 7 только четыре закономерности, которые могут быть применены совместно в математической модели.

Табл. 7. Бинарные связи неравновесной термодинамики

Параметр x	Зависимый фактор (показатель y)			
	T, К	ρ , кг/м ³	T _м , К	λ , Вт/(м·К)
T _м , К	-	-	-	0,9348
λ , Вт/(м·К)	0,8816	0,9109	1,0000	-

Циклические термохимические реакции, происходящие с волновой динамикой в модифицируемой древесине, могут быть описаны многовариантно. Например, из четырех переменных величин табл. 7 можно составить 24 сочетания.

Для примера рассмотрим один вариант проведения эволюционного эксперимента по схеме $(T_m \rightarrow \lambda) \wedge (T; \rho; T_m)$. В этом случае первый опыт заключается в тщательном изучении бинарной

связи $T_m \rightarrow \lambda$ с идентификацией закономерностей типа $\lambda = f(T_m)$. После этого эта закономерность помещается в математическую модель в виде условия для решения дифференциальных уравнений, затем составляется эволюционное планирование второго опыта по выявлению закономерностей у бинарных связей типа $\rho = f(\lambda)$, $T = f(\lambda)$. Эти формулы снова вставляются в математическую модель. Причем по ходу моделирования в реальном режиме времени с процессом основного эксперимента происходит итерационный перерасчет всех четырех переменных свойств модифицируемой древесины в цикле программной среды.

Биотехнические закономерности

В табл. 8 даны параметры модели (2) волновой динамики по четырем закономерностям из табл. 7.

При этом воспользуемся компактной записью однотипных уравнений в матричной форме. Сами эмпирические закономерности, полученные по статистическим данным из табл. 1, ранжируем по убыванию адекватности, то есть по снижению коэффициента корреляции. Это позволит сравнивать выявленные закономерности по значениям параметров модели, знакам перед её составляющими, а также по изменениям амплитуды и частоты (периода) колебаний процесса термического модифицирования древесины сосны на пиломатериалах.

В табл. 8 значения параметров уравнений записаны с пятью значащими цифрами, что позволяет сохранить их уровень адекватности. При меньшем количестве значащих цифр сама запись формул сильно их огрубляет и не позволяет достоверно встраивать в математическую модель с дифференциальными уравнениями.

Далее запишем четыре формулы с тремя членами с показом их графического представления в программной среде типа CurveExpert на рисунках.

Влияние коэффициента теплопроводности λ (рис. 1) на температуру материала T_m имеет явно выраженную оптимальную область коэффициента теплопроводности.

При этом для удобства моделирования по шкале абсцисс приняты значения коэффициента теплопроводности, умноженные на 1000.

Табл. 8. Параметры общего уравнения (2) для отобранных бинарных факторных связей

Номер i	Вейвлет-сигнал $Y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\frac{\pi x}{a_{5i}+a_{6i}x^{a_{7i}}} - a_{8i})$							
	амплитуда (половина) колебания				полупериод колебания			сдвиг
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}
Влияние коэффициента теплопроводности λ (рис. 1) на температуру материала T_M (корреляция 1,0000)								
1	356,9642	0	3,16851e-6	2,44907	0	0	0	0
2	-8,82888	0	-1,65906e-5	2,38968	5,26728	-0,020486	1,00716	-2,23148
3	6,05665e-139	96,71718	0,026729	1,94099	1,27060	0,021053	1,20131	5,49291
Влияние температуры материала T_M (рис. 2) на коэффициент теплопроводности λ (корреляция 0,9348)								
1	0,46155	0	-0,0018652	1,08555	0	0	0	0
2	-0,0012160	1,14432	0	0	0	0	0	0
3	1,59506e-6	1,52481	0	0	1,61613	0	0	-4,11660
Влияние коэффициента теплопроводности λ (рис. 3) на плотность древесины ρ (корреляция 0,9109)								
1	150,7410	0	-0,035440	1	0	0	0	0
2	-0,0014488	3,24681	0	0	0	0	0	0
3	-8,04986e-50	35,81639	0,49989	1	10,56154	-0,072673	1	-0,95792
Влияние коэффициента теплопроводности λ (рис. 4) на температуру обработки T (корреляция 0,8816)								
1	545,4366	0	0,0015121	1	0	0	0	0
2	-1,03593e-89	72,65833	1,50375	1	0	0	0	0
3	2,11561e-15	11,77851	0,18553	0,99538	1,46191	0,0010019	1,37483	-1,37549

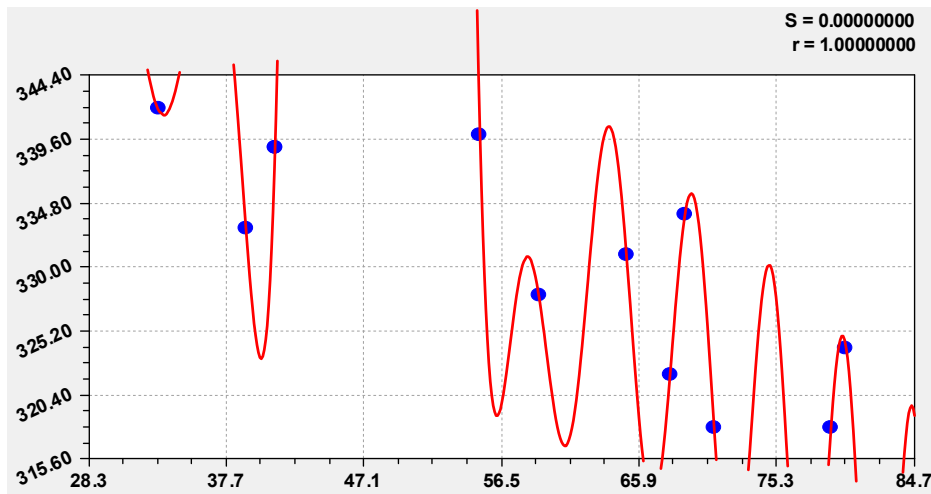


Рис. 1. Влияние коэффициента теплопроводности λ на температуру материала T_M сосны

Как пример, покажем влияние температуры материала T_M (рис. 2) на коэффициент теплопроводности λ по уравнению

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3, \quad (3)$$

$$\lambda_1 = 0,46155 \exp(0,0018652 T_M^{1,03555}), \quad (4)$$

$$\lambda_2 = -0,0012160 T_M^{1,14432}, \quad (5)$$

$$\lambda_3 = A \cos\left(\frac{\pi T_M}{p} + 4,11660\right), \quad (6)$$

$$A = 1,59506 * 10^{-6} T_M^{1,52481}, \quad (7)$$

$$p = 1,61613, \quad (8)$$

По-видимому, такая нарастающая по амплитуде волна возмущения теплопроводности объяс-

няется структурной динамикой медленного обрушения клеток древесины, а плавное снижение теплопроводности по двум первым законам можно пояснить изменением лигнина. Такая гипотеза позволяет разделить на отдельные научно-технические решения изучение свойств специально обработанной до модификации древесины.

Влияние коэффициента теплопроводности λ (рис. 3) на плотность древесины ρ характеризуется двумя этапами изменения влияющей переменной.

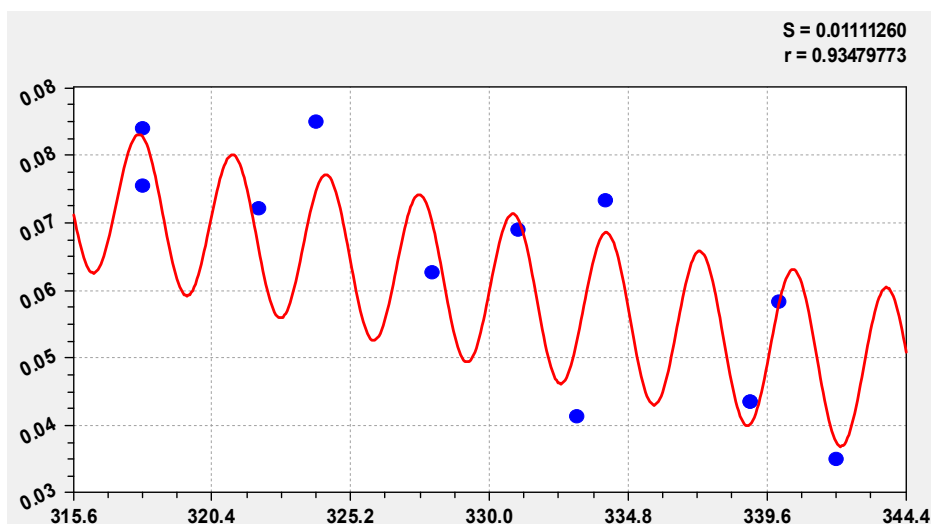


Рис. 2. Влияние температуры материала T_m на коэффициент теплопроводности λ сосны

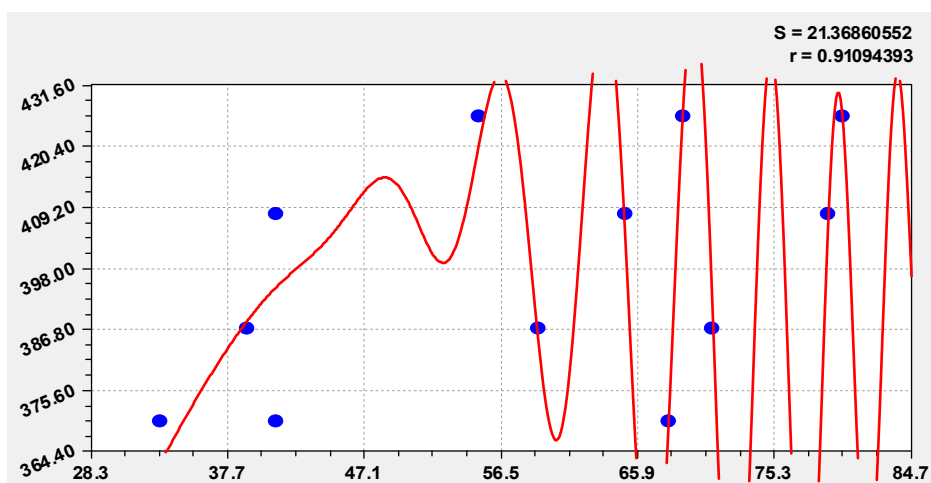


Рис. 3. Влияние коэффициента теплопроводности λ на плотность древесины ρ сосны

Две асимметрично расположенные точки на левой стороне графика указывают на возможную ошибку при записи измерений. Поэтому в интервале 0-50 (умножение значений по табл. 1 на 103) колебание отсутствует. Но оно должно быть и это покажут новые опыты. На втором интервале 50 и более происходит сильная флуктуация плотности, то есть происходит ступенчатое обрушение клеточных структур из древесинного вещества.

Влияние коэффициента теплопроводности λ (рис. 4) на температуру обработки T (корреляция 0,8816) происходит с интересным физическим эффектом.

Но четкой уверенности нет снова из-за двух противоположно расположенных относительно оси абсцисс точек, то есть погрешность температуры исходной большая. И это снова приводит к необходимости планирования эволюционного

эксперимента с плавающими управляемыми параметрами процесса термической модификации древесины. Однако заметно, что в интервале коэффициента теплопроводности 0,040-0,060 происходит снижение потребной температуры обработки.

Высокая адекватность и, что гораздо важнее, содержательная интерпретация выявленных закономерностей из-за их физического смысла по математическим конструктам и их параметрам модели, позволяет сделать вывод о том, что существующая технология аппроксимации не способна удовлетворять запросы современных и бурно развивающихся технологий, в частности термического модифицирования древесины в пиломатериалах.

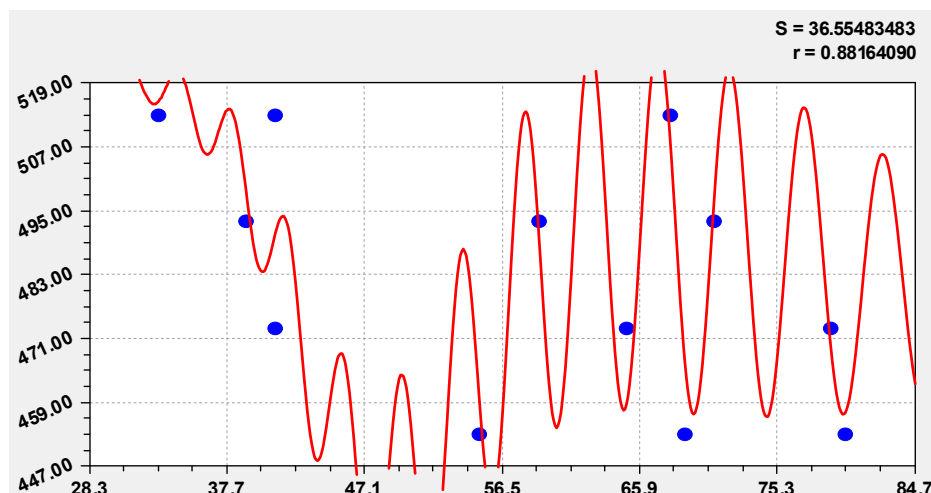


Рис. 4. Влияние коэффициента теплопроводности λ на температуру обработки T сосны

Нужно переходить на технологию идентификации [2-4] устойчивых законов.

Список литературы

1. Кайнов П.А., Разумов Е.Ю. Математическое описание процессов тепломассопереноса внутри древесины при ее термомодифицировании // Материалы научной сессии. Казань: КГТУ, 2009. С.290.

2. Мазуркин П.М., Филонов А.С. Матема-

тическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей: учеб. пос. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. 292 с.

3. Мазуркин П.М., Евдокимова Е.Ю. Факторный анализ загрязнения речной воды. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. 56 с.

4. Мазуркин П.М. Закономерности простых чисел. Германия: Palmarium Academic Publishing, 2012. 280 с.

П.А. Кайнов - канд. техн. наук, доц. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины Казанского национального исследовательского технологического университета; **П.М. Мауэркин** — доктор техн. наук, профессор, зав. каф. природообустройства Поволжского государственного технологического университета, kaf_po@mail.ru

Уважаемые авторы журнала!!!

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

Параметры страницы:

верх — 3 см; низ — 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!!!

INFLUENCE OF CYCLIC LOADING ON THE SHAPE STABILITY OF SOLID BEECH WOOD AND LAMINATED WOOD

M. Gaff, M. Gašparík, Š. Barčík

This work investigates the influence of cyclic loading solid and laminated beech wood at various material thicknesses on shape stability during bending in radial direction. In present time we don't know methods which describe selected usage properties of laminated component, so we had to develop new method which should exactly describe and measure monitored characteristic of furniture components. For identification of shape stability the static bending test with three-point loading was used. Monitored characteristic was detected on testing samples which weren't cyclic loaded and our results were compared with other results obtained from samples which were cyclic loaded. The results shown that shape stability of solid wood increases by thickness growth while at laminated wood the thickness change didn't realize significant influence on shape stability. For solid wood the number of cycles influence was determined only at testing samples with thicknesses 4 and 6 mm. But in these cases we can to see the difference for measured values only in comparison of samples without cyclic loading and with cyclic loading 1000 cycles.

Key words: cyclic loading, laminated wood, solid wood, flexure, shape stability, beech wood, bending.

В данной работе представлены результаты исследования влияния циклического нагружения на стабильность формы при изгибе в радиальном направлении для массива и клееной древесины бука различной толщины. Разработан новый метод, который точно описывает и измеряет мониторинг характерных параметров материала. Для идентификации стабильности формы в ходе испытания на изгиб была использована нагрузка в трех точках. Для твердой древесины влияние количества циклов было определена только при тестировании образцов с толщиной 4 и 6 мм. В этих случаях мы можем увидеть разницу полученных значений для образцов, подвергшихся испытаниям при не циклической нагрузке и с циклической нагрузкой 1000 циклов. Результаты показали, что стабильность формы твердой древесины увеличивается с ростом толщины, для клееной древесины изменение толщины не оказало значительного влияния на стабильность формы.

Ключевые слова: циклическое нагружение, ламинированное дерево, массив дерева, изгиб, стабильность формы, бук, гибкость.

Introduction

This research was aimed at effect of cyclic loading on solid and laminated beech wood or its properties. For production of laminated wood are used different thicknesses of solid wood or laminated wood with different number of lamellas with different thicknesses. Durability (lifetime) of these products vary considerably, which affects the properties of the material itself. As a result long term use is changing characteristics of furniture components which over time cease to perform the function for which they are intended (Gaff 2003, Gáborík and Dudas 2006, 2008). One of most indicators of durability for laminated furniture components is its shape stability and ability to return to original state after long-term utilization and also continual mechanical loading. We know

many experimental methods which help us to determine a mechanical and physical properties of materials used in furniture production. Even though we don't know methods which can to describe for example fatigue of laminated furniture components, returning speed of components after unloading of acting forces etc. This article deals with examining of new method for determination of given characteristic and better knowing a behavior of these furniture components.

Our goal is to expand the knowledge used in the creation of certain products, which should largely determine influence of monitored factors on referred characteristics and thus help to produce quality products in the furniture production.

Materials and methods

The principle of this experiment was to determine the influence of cyclic loading on shape stability of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) - solid wood and laminated wood, when it is bending in the radial direction. The experiment investigated the changes of monitored characteristics that occurred after 0, 1000, 2000 and 3000 cycles. For the purpose of detecting influence of material thickness, tests have been performed on samples with thicknesses 4, 6, 10 and 18 mm. The exact dividing of test pieces for individual sets is shown in Figure 1. The test samples had dimensions $b = 40$ mm, $d = 4, 6, 10, 18$ mm, $l = (20 * d)$ mm. Moisture of test samples was 8%. Research was aimed at monitoring of following factors:

- material thickness,
- material type,
- number of loading cycles.

Monitored characteristic was:

- shape stability after cyclic loading.

Shape stability of solid and laminated wood after cyclic loading

Basic principle is based on measurement of shape variance after cyclic loading of laminated wood.

Procedure of shape variance measurement was based on behavior of laminated wood after unloading acting forces and its stabilization (Fig.1). Figure 1 shows final values of shape stability for laminated wood which can be various (c^1 , c^2 , c^3). Value of shape stability, after stabilization, can be higher (c^2) against original – ideal flexure value (a), or lower (c^3) (Gáborik et al. 2001).

In work we want to aim at earning of knowledge which will lead us to creation of laminated wood which shape stability after cyclic loading could become original – ideal value of flexure ($c^1=a$).

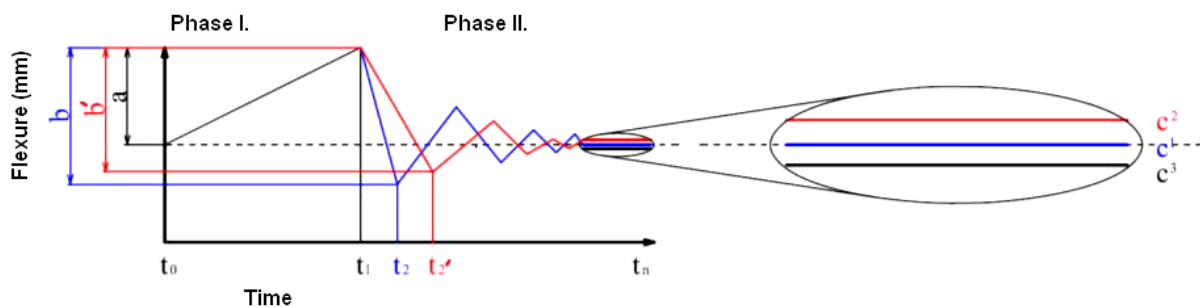


Fig. 1. Flexure curve in time after unloading of laminated wood

Cyclic loading by bending

Cyclic loading of samples were performed on cycler machine, which is based on the principle of cyclic bending of test samples by uniaxial loading. The number of cycles was determined on 0, 1000, 2000 and 3000. In preliminary experimental tests, test samples were loaded by static bending, in order to detect ultimate strength and proportionality limit because the test samples will be loaded to 90% of proportionality limit (Maro 2012). 90% proportionality limit was chosen so that the value was not exceeded due to the diversity of material properties. This action will ensure that all test samples will be loaded so that limit of elastic area is not exceeded.

Results and discussion

Solid wood

Figure 2 shown that increasing of material thickness raise also shape stability. Influence of cyclic

loading showed itself as factor which affected values of monitored characteristic insignificantly (Fig. 4).

Significant influence of cyclic loading was determined only at materials with thicknesses 4 and 6 mm (Fig. 4). This influence can be watched only in comparison of testing samples without cyclic loading with samples which were cyclic loaded. Increasing number of cycles from 1000 to 3000 hadn't influence on monitored values (Fig. 3).

Laminated wood

From Table 2 follow that influence of both monitored factors and its interactions is significant. Unlike solid wood, at laminated wood we can to see that increasing of material thickness doesn't change its shape stability (Fig.5).

Cyclic loading influence (Fig. 6) had opposite effect in comparison with solid wood i.e. shape stability growth up at solid wood while at laminated wood was shape stability significantly lower.

Table 1. Basic table of two-factor analysis of variance which evaluates influence of individual factors on shape stability at solid wood

Monitored factor	Sum of squares	Degrees of freedom	Variance	Fisher's F - Test	Significance level P
Absolute term	2.392578	1	2.392578	419.5205	0.000000
Number of cycles	0.223984	3	0.074661	13.0913	0.000142
Material thickness	1.907734	3	0.635911	111.5023	0.000000
Number of cycles Material thickness	0.326953	9	0.036328	6.3699	0.000707
Error	0.091250	16	0.005703	--	-

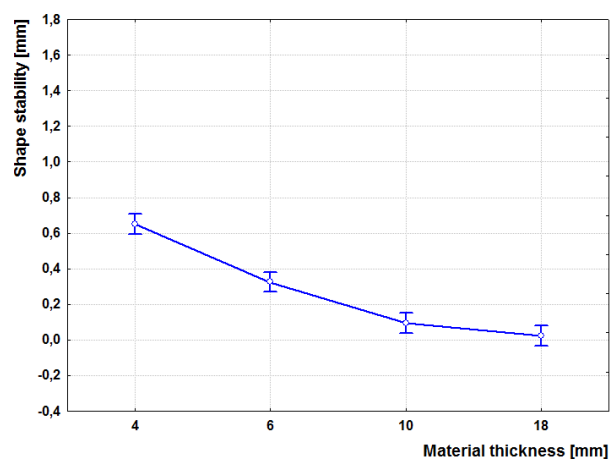


Fig. 2 Influence of material thickness on shape stability during bending of solid wood

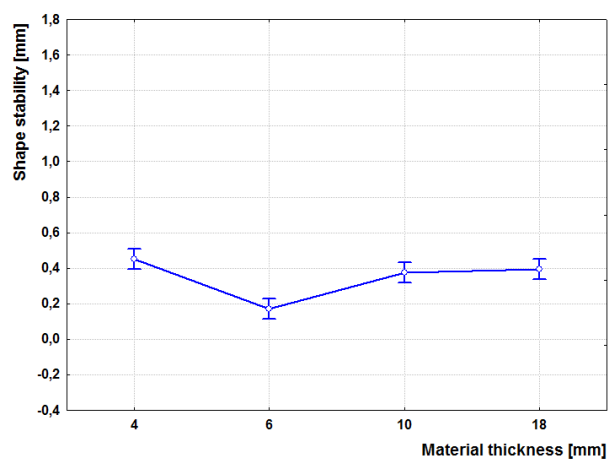


Fig. 5 Influence of material thickness on shape stability during bending of laminated wood

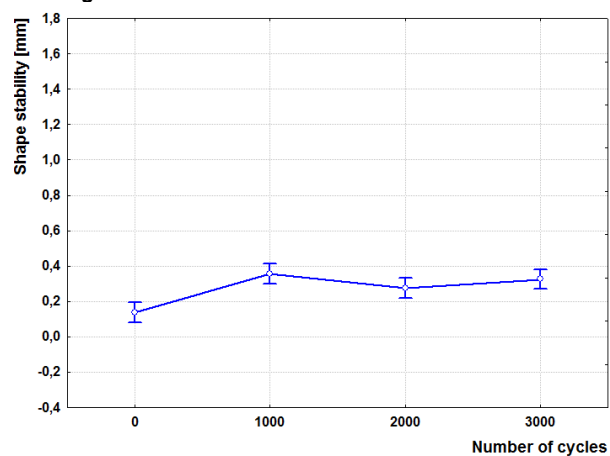


Fig. 3 Influence of number of cycles on shape stability during bending of solid wood

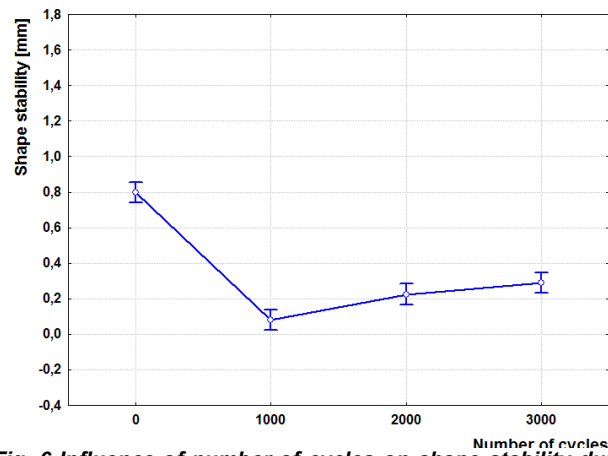


Fig. 6 Influence of number of cycles on shape stability during bending of laminated wood

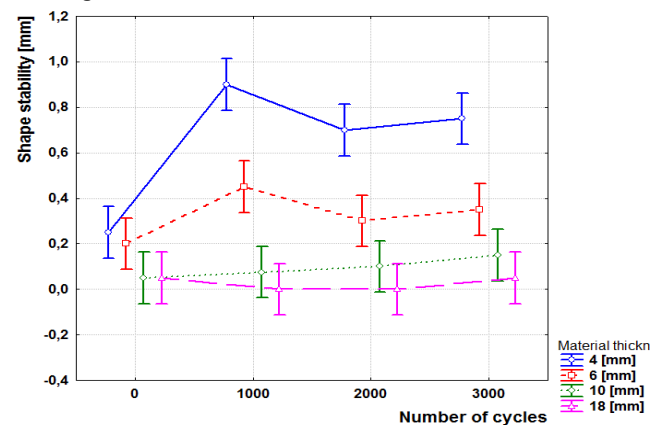


Fig. 4 Influence of material thickness and number of cycles on shape stability of solid wood

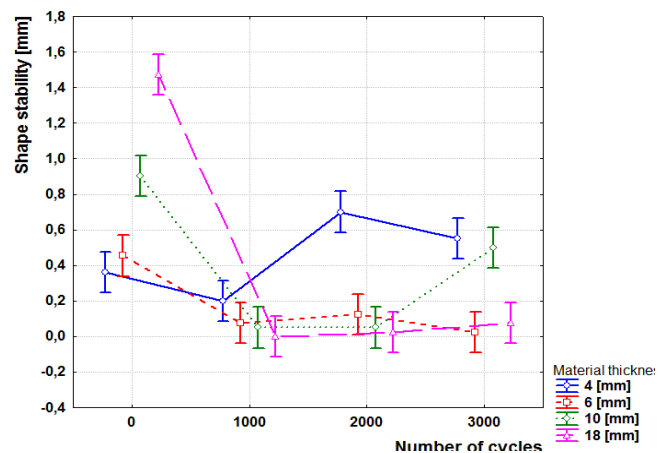


Fig. 7 Influence of material thickness and number of cycles on shape stability during bending of laminated wood

Table 2 Basic table of two-factor analysis of variance which evaluates influence of individual factors on shape stability at laminated wood

Monitored factor	Sum of squares	Degrees of freedom	Variance	Fisher's F - Test	Significance level P
Absolute term	3.864625	1	3.864625	661.3562	0.000000
Number of cycles	2.327523	3	0.775841	132.7703	0.000000
Material thickness	0.363738	3	0.121246	20.7489	0.000009
Number of cycles Material thickness	2.300532	9	0.255615	43.7435	0.000000
Error	0.093496	16	0.005843	-	-

Conclusion

The results show that shape stability earned at solid wood was higher with increasing of material thickness but at laminated wood was material thickness insignificant factor affecting values of shape stability.

Influence of number of loading cycles was significant only at testing samples 4 and 6 mm thick.

But in these cases we can see difference only in comparison of measured values from testing samples without cyclic loading and cyclic loading with 1000 cycles. Other cases didn't show any significant influence of cyclic loading on values of monitored characteristic.

References

1. Gaff, M. (2003). "Tvárnenie dreva osiky lisovaním s využitím vysokofrekvenčnej
2. Gáborík, J., and Dudas, J. (2006). "The change of properties of aspen wood by mechanical treatment – by pressing," *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 9(3)

3. Gáborík, J. and Dudas, J. (2008). "The bending properties of aspen wood," *Annals of Warsaw Agricultural University. Forestry and Wood Technology*. No 65. Warsaw, Poland, 55 – 60. ISSN 1898-5912

4. Gáborík, J., Joščák, P., Kulík, J. and Grznárik, T. (2011). "Properties of compressed laminated beech wood by bending stress," *Annals of Warsaw Agricultural University. Forestry and Wood Technology* No 74, Warsaw, Poland, 63–68.

5. Maro, M. (2012). "Vlastnosti lamelového dreva na baze dyhových lisovaných komponentov [Properties of laminated wood made of pressed veneering components]," Master's Thesis. Technical University in Zvolen, Slovakia. (in Slovak) energie [Aspen wood shaping by compression using the radio frequency energy]," Master's Thesis, Technical University in Zvolen, Slovakia. (in Slovak)

Acknowledgments

The authors are grateful for the support of VEGA grant No. 1/0581/12 and also for the support from CIGA (CULS Grant Agency) project No. 20124311

Ing. Milan Gaff, PhD. Technical University in Zvolen, Faculty of Wood Sciences and Technology, Department of Furniture and Wood Products; **T. G. Masaryka** 24, 960 53 Zvolen, Slovakia Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Department of Wood Products and Wood Constructions, Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 – Suchdol, Czech Republic; **Ing. Miroslav Gašparík**, PhD, **prof. Ing. Štefan Barčík**, CSc. Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Department of Wood Processing, Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 – Suchdol, Czech Republic.

УДК 674.061

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЮВЕНИЛЬНОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

С. Барсик, Е.Ю. Разумов, М. Квиеткова, Е.В. Микрюкова

В статье представлены возможные варианты использования ювенильной древесины в деревянных конструкциях с учетом экспериментальных исследований ее физических и механических свойств. Экспериментальные исследования направлены на определение возможности использования ее в строительных материалах.

Ключевые слова: ювенильная древесина, физические и механические свойства ювенильной древесины, использование ювенильной древесины в деревянных конструкциях.

This article presents possible uses of juvenile wood in wooden structures with the experimental studies of its physical and mechanical properties. Experimental studies aimed at determining the possibility of its use in building materials.

Keywords: juvenile wood, the physical and mechanical properties of juvenile wood, the use of juvenile wood in wooden structures.

Устойчивый рост потребления древесины вынуждает человека искать пути для ее комплексного и более рационального использования. Один из способов заключается в рассмотрении возможности использования древесных ресурсов, которыми ранее пренебрегали. Такими источниками является ювенильная древесина. Преимуществом ювенильной древесины является возможность быстрого ее выращивания. В настоящее время в мире происходит увеличение доли древесины, заготавливаемой на лесных плантациях быстрорастущих пород древесины. Возраст зрелости древесины таких плантаций составляет в среднем 26 лет. В связи с малой изученностью ювенильной древесины она была недооценена в качестве конструкционного материала.

Ювенильная древесина имеет свойства, которые должны быть использованы в деревообрабатывающем производстве. После изучения ее свойств можно будет выявить недостатки и использовать положительные свойства в новых изделиях из древесины.

В целом, ювенильная древесина определяется как некоторое число годовых колец в центральной части древесного ствола, образовавшаяся в первые годы жизни дерева и отличающаяся по своим свойствам от зрелой древесины [1]. Отличить центральную ювенильную древесину от зрелой древесины внешней части ствола, мы можем по более широкому годовому кольцам. Каждое дерево и каждая его ветвь содержит ювенильную и зрелую древесину (рис. 1).



Рис. 1. Срез сосны, показывающий зоны древесины

Дерево в начале своего роста полностью состоит из ювенильной древесины. Позднее в нижней части ствола начинается образовываться зрелая древесина (рис. 2).

Потенциальными источниками ювенильной древесины являются:

- вершинные части деревьев при лесозаготовках,

- центральная зона бревен, примыкающая к сердцевине (диаметром 10-20 см),

- отходы после лущения древесины в виде карандашей,

- плантации быстрорастущих деревьев, средний период зрелости которых составляет 20-30 лет.

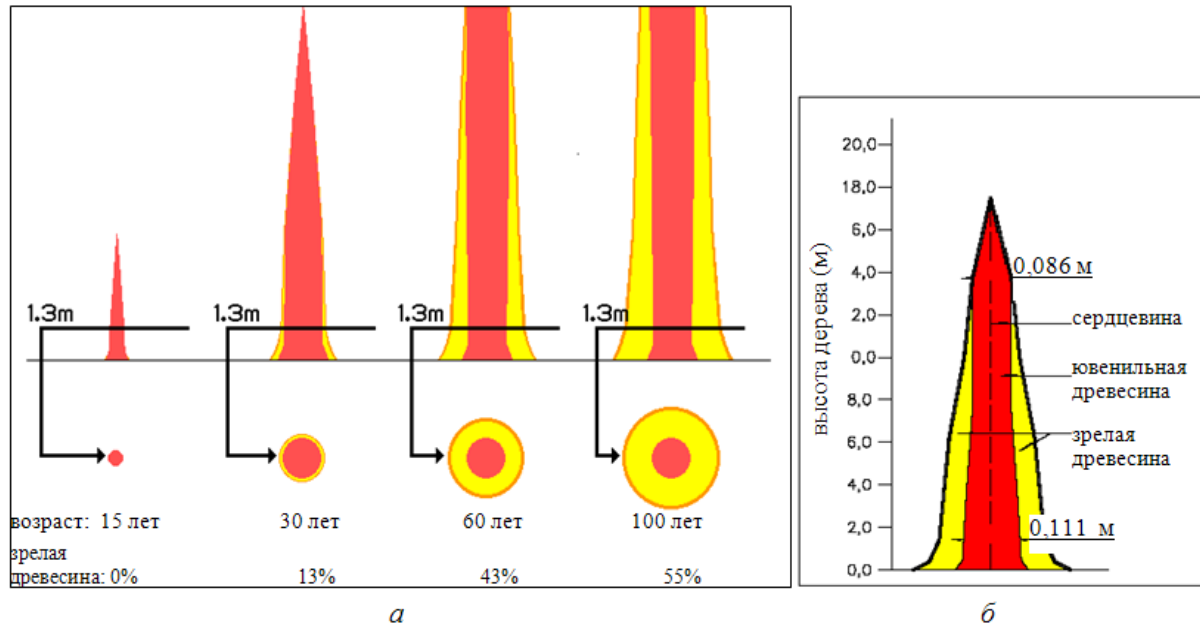


Рис. 2. Изменение доли ювенильной древесины: а) с возрастом деревьев б) по высоте ствола дерева [3]

Самыми крупным источником ювенильной древесины являются плантации быстрорастущих пород древесины.

Ювенильная древесины дерева находится в центральной зоне ствола и отличается по свойствам [4]. Свойства древесины изменяются постепенно от сердцевины к коре древесного ствола (от ювенильной к зрелой древесине). Плотность, прочность, толщина клеточных стенок, поперечная усушка, доля поздней древесины возрастают, а влажность древесины уменьшается.

Таким образом, исходя из данных о свойствах ювенильной древесины, она может быть использована для производства:

- целлюлозы и бумаги,
- продукции лесопиления (рис. 3),
- шпона,
- плитных материалов (фанера, OSB плиты и др.) (рис. 4),
- клееных строительных материалов (PSL, LSL, LVL – брус и др.),
- решетчатых изделий (детские качели, заборы, беседки и др.) (рис. 5).

На основе изучения информации, касающейся данного материала, необходимо более подробное изучение его физических и механических свойств.

В соответствии с действующими техническими стандартами был проведен обзор информации и проведены экспериментальные исследования физико-механических свойств ювенильной древесины.

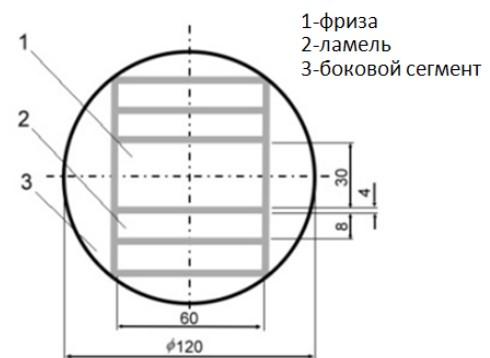


Рис. 3. Схема раскроя ювенильной древесины

Из полученных результатов можно сделать вывод, что от зрелой древесины ювенильная древесина отличается [5, 6]:

- более низкой плотностью в абсолютно сухом состоянии (сосна на 13%, осина на 8%, тополь на 9%),
- более высокой радиальной усушкой (осина на 8%, тополь на 9%),
- меньшей тангенциальной усушкой (сосна на 35%, осина на 11%, тополь на 12%),

- более низким модулем упругости при изгибе (сосна на 26% , осина на 7%, тополь на 11%),
- более низкой прочностью при изгибе (сосна на 24%, осина на 7%, тополь на 20%),

- более низкой ударной вязкостью (сосна на 55%, осина на 40%, тополь на 44%).

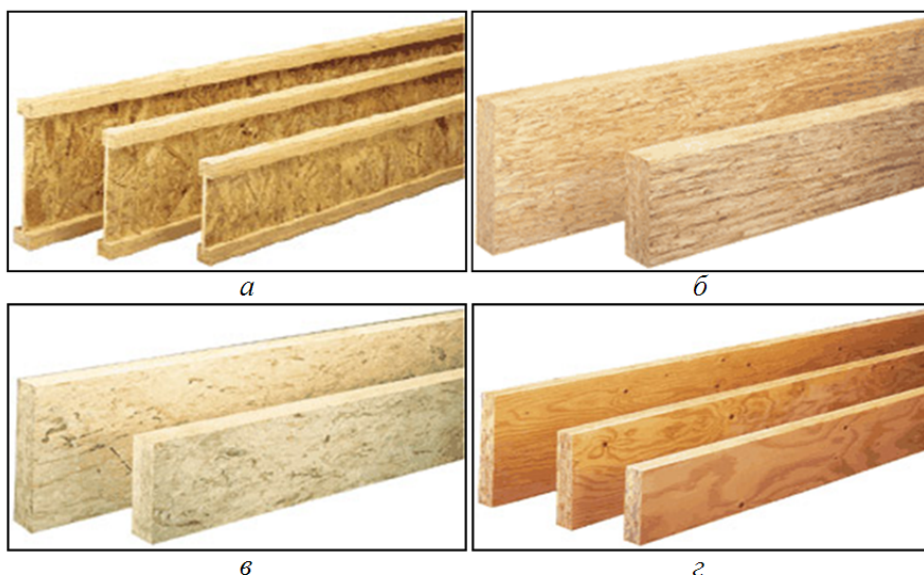


Рис. 4. Виды клееных материалов из древесины: а) двутавровые балки, б) PSL – брус, в) LSL – брус, г) LVL – брус

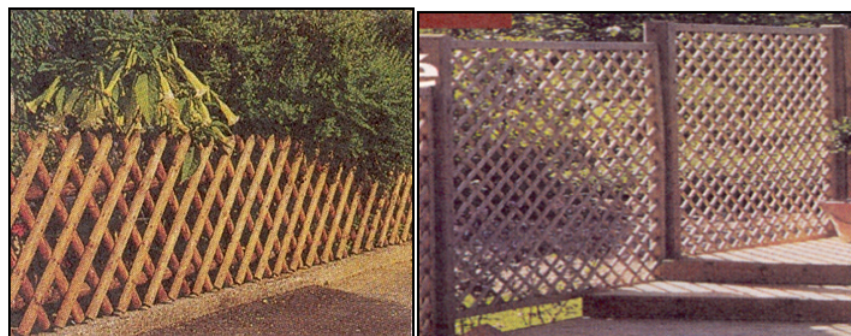


Рис. 5. Примеры решетчатых изделий из ювенильной древесины

Результаты экспериментального исследования в отношении ювенильной древесины с точки зрения ее физических и механических свойств позволяют сделать вывод, что ювенильная древесина может найти применение:

- в производстве пиломатериалов для деревянных конструкций,
- в производстве клееных элементов конструкций деревянных домов,
- при производстве многослойных материалов (БИО-доски, клееные конструкции и др.),
- для крупномасштабного производства материалов из измельченной древесины (OSB, ДСтП, MDF).

Таким образом, применение ювенильной древесины в изделиях из древесины и деревянных конструкциях может быть оправдано по следующим причинам:

- более низкие механические свойства ювенильной древесины по сравнению со зрелой древесиной могут немного ограничить ее применение, но в сочетании с другими материалами в сэндвич-конструкциях ее использование будет вполне оправдано.

Для некоторых видов изделий, требующих более легкой конструкции, может быть предпочтительнее применение преимущественно ювенильной древесины из-за ее низкой плотности.

Снижение энергоемкости процесса резания ювенильной древесины по сравнению со зрелой древесиной позволяет при ее использовании экономить энергию.

Еще одним преимуществом ювенильной древесины тополя является ее низкая стоимость и сравнительно низкий возраст промышленной спелости.

Все большее применение находит идея использования ювенильной древесины в центре слоев композитных материалов (Bio-доски, панели обшивки, плавающие полы) (рис.6, 7).

На основе проведенных экспериментальных исследований свойств композиционных материалов с центральным слоем, состоящим из ювениль-

ной древесины, можно утверждать, что применение таких конструкций ведет к [7, 8, 9]:

- снижению плотности материалов,
- уменьшению разбухания материала в процессе эксплуатации,
- прочность на изгиб всех видов материала была выше, чем минимально допустимая прочность.



Рис. 6. а) BIO-доски, б) стеновые панели

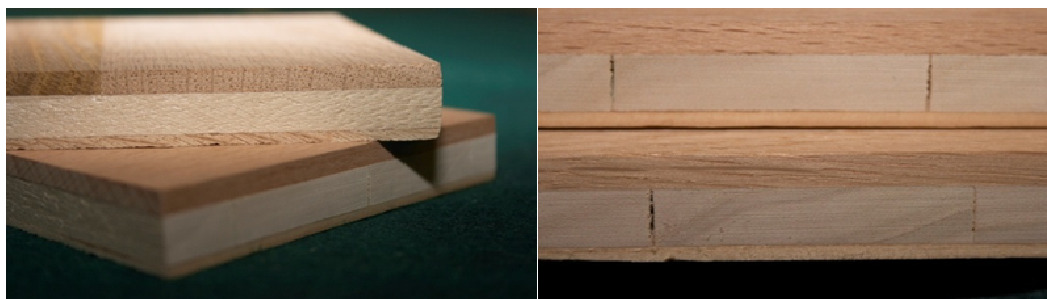


Рис. 7. Плавающие полы

Исследуя свойства различных материалов с применением ювенильной древесины, можно сделать вывод о том, что все параметры находятся в заданных стандартах пределах.

В результате исследований свойств клееной древесины со слоями из ювенильной древесины можно сделать следующий вывод [10]: у ювенильной древесины по сравнению со зрелой древесиной ниже прочностные характеристики, поэтому предпочтительнее склеивание ее в сочетании с другими, более твердыми породами. Наружные слои материала выполняются из древесины твердых пород (например, бука), а внутренние слои – из ювенильной древесины.

Заключение

Проанализировав возможные пути использования ювенильной древесины, в целом можно сделать вывод, что ювенильная древесина – дешевый материал, обладающий низкой плотностью, хорошими механическими свойствами. Как таковая, она является подходящим материалом для изготовления клееных конструкций, применяемых

в домостроении. Свойства ювенильной древесины определяют ее применение в многослойных древесных материалах, таких как ламинат, столлярные плиты или стеновые панели. Более низкий расход энергии при ее обработке позволяет успешно измельчать ее для производства OSB, ДСтП или бумаги.

Список литературы

1. Juvenilné drevo./ Jana Paulínyová, Igor Čunderlík. In: Stolársky magazín, 2004, č.1-2, s.6-7.
2. Juvenile wood in conifers./T. Thörngvist. Swedish Council for Building Research Stockholm, 4 Edition, 1993, 110 s. ISBN 91-540-5605-05.
- 3.<http://www.for.gov.bc.ca/hre/syldemo/syl2juv.htm>
4. Juvenilné drevo./ Igor Čunderlík. In: Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva'02. Zvolen: Vydavateľstvo TU Zvolen, 2002, s. 77 – 83. ISBN 80-228-1190-4.
5. Vybrané fyzikálne a mechanické vlastnosti borovicového dreva./ Igor Čunderlík, Štefan Barčík, Mária Kotlíková, Eva Pivolusková. In.: Acta Faculta-

tis Xylologiae. XLVII, 1/2005, s. 5–12, ISSN 1336 – 3824.

6. Vybrané fyzikálne a mechanické vlastnosti juvenilného borovicového dreva./ I.Čunderlík, Š.Barčík,M.Kotlíňová,E.Pivolusková.In.:V.MVK “Tries. a beztries. obr. dreva 04”.Starý Smokovec,14-16.10.,s.77–83.ISBN 80-228-1385-0.

7. Ohybové vlastnosti lamelového dreva zjuvenileného topoľa./ Jozef Gáborík, Katarína Káčerová. In : Woodworking technique 07,2nd ISC, Zagreb-Zalesina,2007,pp.189-200.ISBN 953-6307-94-4.

8. Možnosti využitia juvenilného dreva./J.Šúriková,Š.Barčík.In.:Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 06(V.MVK).Starý Smokovec 12.-14.10,s.283-286.ISBN 80-228-1674-4.

9. The possibilities of utilization of juvenile poplar wood in shearing stress joint./J.Šúriková, Š.Barčík.In.:Woodworking technique 07,2nd ISC, Zagreb-Zalesina,2007,pp.325-330. ISBN 953-6307-94-4.

10. Možnosti využitia topoľového dreva pri výrobe trojvrstvových kompozitných materiálov./ Martin Kráľovič. dizertačná práca, Zvolen, 2009.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Напоминаем, что подписная кампания проводится 2 раза в год (по полугодиям). В розничную продажу журнал не поступает, в год выходит 6 номеров; индекс журнала по каталогу газет и журналов Агентства «Роспечать» - 70243. Если вы не успели оформить подписку с января, это можно сделать с любого месяца.

Редакция

УДК 674.047

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Р.Р. Сафин, Ф.В. Назипова, Д.Р. Хазиева

В статье кратко описаны способы конвективной сушки пиломатериалов, указано наиболее распространенное сушильное оборудование, приведены экономически обоснованные способы модернизации сушильных камер.

Ключевые слова: конвективная сушка, сушильные камеры

The paper briefly describes how the convective drying of lumber, stated The most common drying equipment, are economically justified the methods of the modernization dryers.

Keywords: convective drying, the drying chamber

С каждым годом к сушке пиломатериалов на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях предъявляются все более жесткие условия, требующие сокращения энергозатрат и длительности процесса сушки без ущерба качеству высу-

шиваемого материала. В связи с этим камерная сушка становится одним из важнейших участков предприятий, ответственным звеном общего технологического процесса обработки древесины.

Наиболее распространенными сушилками в настоящее время являются, так называемые, конвективные сушильные камеры, которые снабжены тепловым и циркуляционным оборудованием. Процесс сушки в них протекает при атмосферном давлении, поэтому в качестве ограждений могут быть использованы различные конструкционные материалы. Конвективные камеры различают периодического и непрерывного действия, последние не получили широкого распространения ввиду затруднительной качественной сушки до требуемой эксплуатационной влажности.

Конвективный принцип сушки заложен также в основу аэродинамических сушильных камер, где нагрев воздуха осуществляют путем сильной турбулизации потока воздуха на лопатках ротора центробежного вентилятора специальной конструкции. Однако подобные сушильные камеры в последние годы утратили свою актуальность, вследствие значительного потребления электроэнергии, к примеру: камера объемом загрузки 15 м³ пиломатериалов требует установки аэродинамического вентилятора мощностью порядка 70 кВт.

К общим недостаткам конвективных сушильных камер следует отнести высокую продолжительность процесса (5–45 дней в зависимости от

сортамента пиломатериала) и неравномерность высушивания штабеля. Но если первый недостаток – продолжительность процесса – обусловлен технологией (перемещение влаги к поверхности материала вызвано лишь градиентом влажности, а градиент температуры при этом оказывает тормозящее действие), то неравномерность высушивания штабеля является конструктивным недостатком. Решение данной проблемы заключается в необходимости создания равномерной температуры, влажности и скорости агента сушки в различных точках штабеля. Для этого многие конструкции сушильных камер выполняют с сужающимся по длине потока сечением, в частности, путем установки наклонных экранов.

Однако сужение потока может создать лишь равномерную по сечению штабеля скорость. Температуру агента сушки в различных точках штабеля регулировать подобным образом является затруднительным. Поэтому сотрудниками Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ) были реализованы сушильные камеры с вертикальной и горизонтально-поперечной циркуляцией теплоносителя через перфорированные экраны, внедренные соответственно на казанских предприятиях ООО «ПСФ «Карпентер» и ОАО «Вельд» (рис. 1).

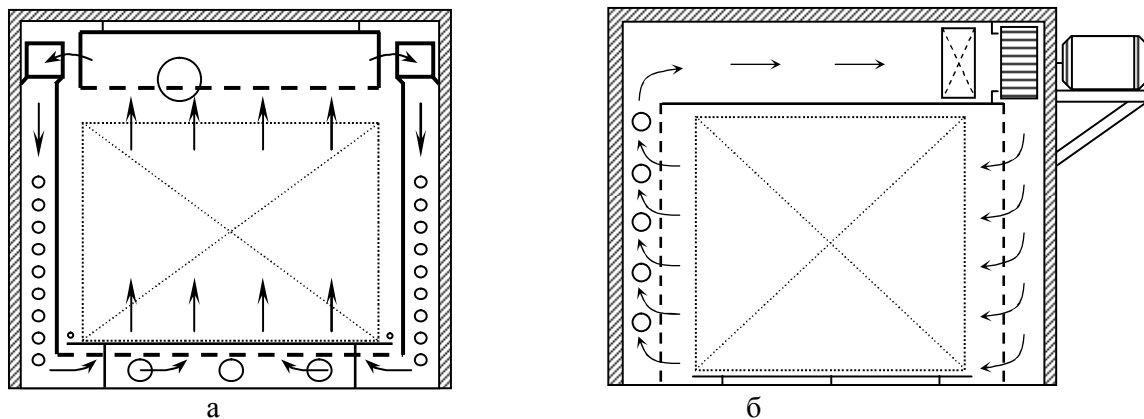


Рис. 1. Схема модернизации конвективных камер: а – с вертикальной циркуляцией теплоносителя; б – с горизонтально-поперечной циркуляцией теплоносителя.

Для обеспечения качественной конвективной сушки пиломатериалов без использования водяного пара для термовлагообработки сотрудниками МГУЛ были предложены «импульсные» режимы, сущность которых состоит в следующем. Сушка материала проводится циклами, каждый из которых состоит из двух стадий. На первой стадии цикла сушка пиломатериалов проходит в воздухе повышенной температуры и низкой влажности. В камере осуществляется интенсивная циркуляция сушильного агента и воздухообмен с окружающей

средой. Этот период характеризуется аккумулярованием древесиной тепла и высокой интенсивностью процесса сушки за счет большого градиента влажности. В древесине в поверхностных зонах развиваются растягивающие напряжения.

На второй стадии прекращается работа систем циркуляции, теплоснабжения и воздухообмена. Для этого периода характерно следующее:

1) продолжается процесс испарения из древесины влаги, за счет тепла, аккумулированного материалом на первой стадии;

2) повышается степень насыщенности воздуха за счет влаги, поступающей из материала;

3) увеличивается влажность поверхности пиломатериалов, поскольку возрастает величина равновесной влажности. Происходит выравнивание влажности по толщине материала, и уменьшаются сушильные напряжения, вплоть до полного их исчезновения;

4) понижается температура на поверхности материала, что связано с затратами энергии на испарение воды; появляется положительный градиент температуры, вызывающий интенсивное движение влаги к поверхности, что компенсирует некоторое снижение интенсивности процесса при уменьшении градиента влажности.

Как показывает производственный опыт, сушка «импульсными» режимами при соответствующем соотношении продолжительности стадий процесса происходит практически без развития остаточных деформаций, а следовательно, и без остаточных напряжений, при малых перепадах влажности по толщине материала.

Выбор сроков выдержки на стадии аккумуляции тепловой энергии определяется тем, чтобы возникающие сушильные напряжения не превышали предела упругости.

Продолжительность второй стадии устанавливается из условия выравнивания температуры центра и поверхности и прекращения движения влаги за счет градиента температуры. При этом влажность в поверхностной зоне, в зависимости от уровня средней влажности материала, может быть повышена на 2–6 % по сравнению с влажностью на первой стадии.

Число циклов устанавливается в зависимости от породы и толщины пиломатериалов, их начальной и конечной влажности. Например, при сушке необрезных пиломатериалов толщиной 50 мм из древесины дуба от начальной влажности 50 % до конечной 7 % длительности циклов составляли от 1 до 4 ч. Температура сушильного агента на стадии прогрева изменялась в зависимости от текущей влажности материала от 50 до 80 °С. Число циклов равно 144, что составляет общую продолжительность сушки 30 суток.

Применение «импульсных» режимов для конвективных сушильных камер позволяет не только отказаться от использования водяного пара, но и осуществить экономию электроэнергии за счет отключения циркуляционных вентиляторов на стадии выдержки пиломатериалов и существенно упростить систему автоматического регулирования процесса сушки. Технология сушки на базе «импульсных» режимов оказалась достаточ-

но универсальной и эффективной. Она может быть рекомендована и для паровых лесосушильных камер, что помимо снижения затрат электроэнергии даст 30 % экономии водяного пара, поскольку отпадает необходимость проведения конечной и промежуточных влаготеплообработок, а также кондиционирования.

Для снижения энергозатрат на процесс конвективной сушки в последние годы предлагается использование конденсационного оборудования, где осушение циркулирующего агента сушки осуществляется не путем подачи холодного воздуха из окружающей среды, а конденсацией на холодной теплообменной поверхности теплового насоса. Тепловой насос возвращает тепловую энергию, высвобождающуюся в результате конденсации пара сушильному агенту, циркулирующему в камере. При этом на передачу тепловой энергии затрачивается в среднем в три раза меньше электроэнергии от величины передаваемой тепловой энергии. В данных камерах реализуется мягкий режим сушки поскольку температура создаваемая тепловым насосом не превышает 55°С.

Следующим достаточно удобным методом сушки в условиях малых столярных производств является контактная технология, когда тепло высушиваемому материалу передается теплопроводностью от нагретой поверхности. Однако при контактном методе распределение влагосодержания по толщине пиломатериала неравномерно и несимметрично: в контактном слое у греющей поверхности влагосодержание на протяжении всего процесса минимально, в центральных слоях – максимально. У открытой поверхности влагосодержание ниже, чем в центральных слоях, но выше, чем в контактном слое. Такое распределение влагосодержания в процессе сушки ценных твердолиственных пород древесины может привести к нежелательным последствиям (развитие объемно-напряженного состояния). Температура в направлении от контактного слоя к открытой поверхности непрерывно убывает.

Перемещение влаги к поверхности материала обусловлено градиентами температуры и давления; градиент влагосодержания оказывает тормозящее действие, поэтому основное распространение контактный метод получил в сочетании с вакуумной технологией, поскольку является наиболее простым способом подвода тепла в вакууме.

При этом сотрудниками казанского предприятия ООО «ОКБ «Прогресс» совместно с КНИТУ была разработана и внедрена технология, при которой пиломатериалы контактируют не с одной нагревательной поверхностью как при

классической технологии, а в процессе формирования штабеля укладываются между двумя нагревательными элементами, таким образом, что подвод тепловой энергии осуществлялся одновременно к обоим пластам пиломатериала, обеспечивая симметричное распределение температуры и, соответственно, влажности древесины.

При этом в качестве нагревательных элементов используются плиты специальной конструкции (рис. 2), представляющие собой две перфорированные металлические пластины с установленными между ними змеевиковыми нагревателями. В качестве змеевикового нагревателя используются электронагревательные элементы, обеспечивающие минимальную инерционность процесса.

При этом разработанный способ сушки древесины основан на «импульсной» технологии.

Процесс сушки начинается с прогрева высушиваемой древесины (рис. 3) путем включения в работу нагревательных элементов. Процесс осуществляется при атмосферном

давлении среды с целью минимизации удаления влаги из материала.

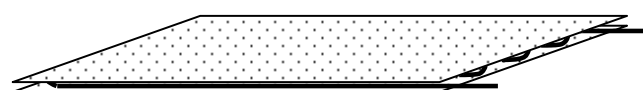


Рис. 2. Нагревательный элемент.

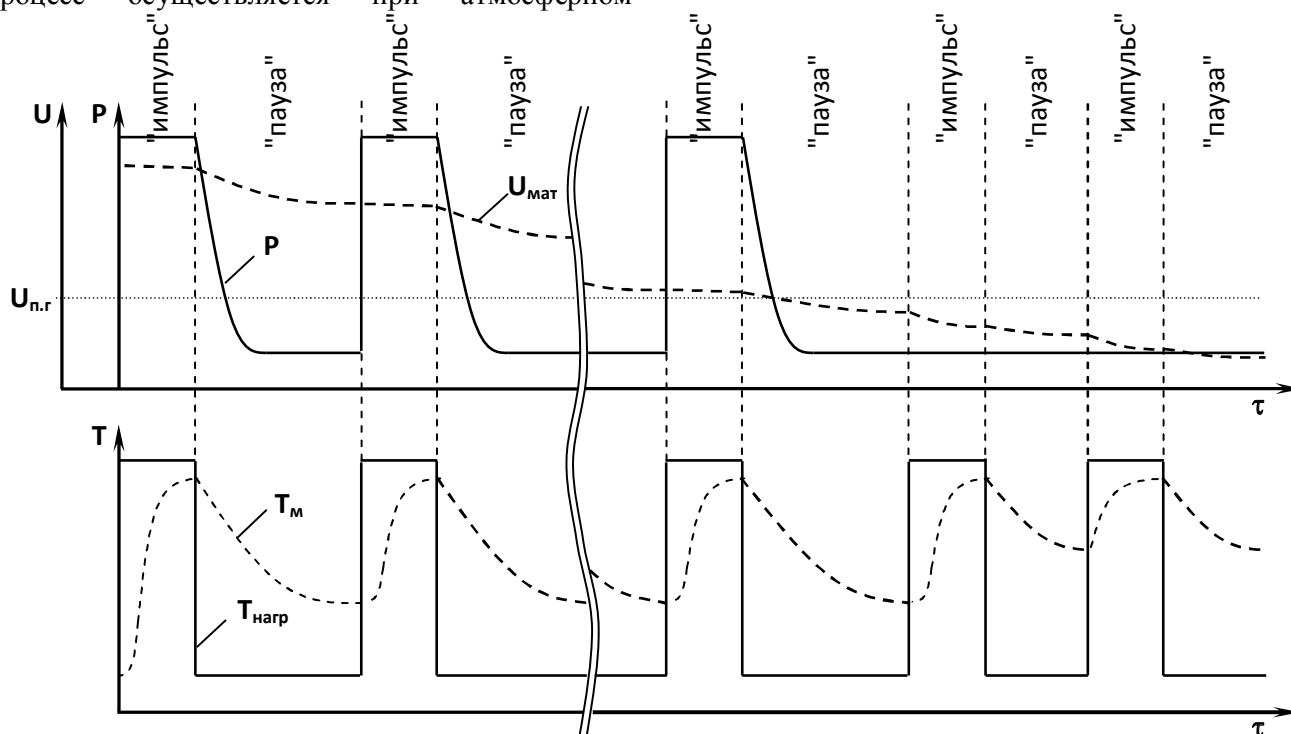


Рис. 3. Схема ведения процесса вакуумно-кондуктивной сушки пиломатериалов методом «импульс-пауза».

На стадии прогрева происходит накопление тепловой энергии. После прогрева пиломатериала включением конденсатора и вакуумного насоса начинается стадия вакуумирования, в процессе которой происходит интенсивное удаление влаги из древесины через перфорации нагревательных пластин. В процессе вакуумирования происходит отключение электронагревательных элементов и

сушка древесины происходит за счет предварительно аккумулированной тепловой энергии. Стадию вакуумирования можно подразделить на два периода: процесс понижения давления и выдержка нагретого материала в условиях вакуума.

После завершения стадии вакуумирования цикл «прогрев-вакуум» повторяется. Количество

циклов определяется толщиной пиломатериала, конечной влажностью и породой древесины.

Использование вакуумных технологий в деревообрабатывающей промышленности в последние годы набирает свои обороты: помимо вакуумно-кондуктивных сушилок, отличающихся большой трудоемкостью погрузочно-разгрузочных работ, появляются камеры, использующие конвективный способ подвода тепловой энергии.

В вакуумном аппарате конвективный нагрев возможен «импульсным» методом или путем сушки материала при стационарном пониженном давлении среды. При этом в качестве среды может выступать горячий воздух, перегретый пар или гидрофобная жидкость.

Принцип «импульсных» режимов заложен в основу технологии вакуумно-конвективных сушильных камер, реализованных сотрудниками КНИТУ на инновационном полигоне «Искра» (рис. 4). Процесс сушки складывается из последовательно чередующихся стадий нагрева древесины и ее вакуумирования. На стадии нагрева материал обдувается горячим воздухом при атмосферном давлении.



ООО «Русская мебель» г. Кимры



Инновационный полигон «Искра», г. Казань

Рис. 4. Вакуумно-конвективные сушильные камеры.

В этот период температура древесины повышается, что сопровождается испарением влаги с ее поверхности. Влажность несколько снижается. Движение влаги внутри материала проходит под

действием градиента влажности. Древесину нагревают до определенной температуры, после чего начинается стадия вакуумирования, которая характеризуется интенсивным испарением влаги с поверхности материала. Температура поверхности снижается. В полостях клеток происходит вскипание воды, образовавшийся водяной пар движется к поверхности под избыточным давлением. При этом часть пара удаляется из древесины, а часть, при контакте с охлажденными поверхностными зонами конденсируется. Водяной пар, покинувший древесину, образует вокруг нее среду практически чистого насыщенного или перегретого пара. В результате этого, влага удаляется при достаточно высокой влажности поверхности и, следовательно, малом ее перепаде по толщине материала, это позволяет избежать значительных сушильных напряжений и больших остаточных деформаций.

В период выдержки досок в вакууме при удалении свободной влаги ее движение проходит под действием градиентов давления, влажности и температуры, а при влажности древесины ниже предела насыщения - градиентов влажности и температуры. Этим и обеспечивается высокая интенсивность вакуумно-конвективной сушки.

Вакуумирование прекращается после падения температуры в центре материала до определенного значения. Число стадий «прогрев-вакуум» зависит от требуемой конечной влажности высушиваемых досок.

Известна также схема, разработанная сотрудниками МГУЛ, по которой процесс проводят в вакууме глубиной 0,085 – 0,090 МПа с конвекцией сушильного агента при скорости 15 – 20 м/с. Сушка ведется циклами «работа-пауза» при постоянной глубине вакуума. На стадии «работа» происходит сушка в среде, температура которой выше температуры точки кипения воды при заданном давлении. Эта стадия характеризуется высокой интенсивностью процесса за счет большого градиента влажности по толщине материала. Ввиду малой продолжительности, возникающие сушильные напряжения сравнительно малы, а деформации носят, в основном, упругий характер. На стадии «пауза» система циркуляции отключается и происходит выравнивание влажности по толщине материала и уменьшение сушильных напряжений.

Продолжительность стадии «работа» определяется возникающими сушильными напряжениями, которые не должны превышать предела упругости. На стадии «пауза» продолжительность устанавливается из условия выравнивания темпера-

туры центра и поверхности и прекращения движения влаги под действием градиента температуры.

Такой способ вакуумной сушки, как утверждают разработчики, резко повышает ресурс работы вакуумного насоса и снижает потребление им электроэнергии.

Р.Р. Сафин – проф., зав. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ; **Ф.В. Назипова** – студ. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ; **Д.Р. Хазиева** – магистр КНИТУ.

УДК 691-419.8

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБРАБОТКИ НА ВОДОСТОЙКОСТЬ ТЕРМОФАНЕРЫ

Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Зиатдинов, Д.Р. Хазиева, К.Р. Кузнецов

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

Ключевые слова: шпон, термофанера, тепловая обработка, влагопоглощение, водопоглощение

The technology of the prior termomodifitsirovaniya veneers in the production of plywood, which can significantly increase the moisture and water resistance of this type of laminated material. Furthermore, it was found that alternating veneer sheets with different degrees of heat treatment creating laminated decorative articles greatly improves product performance

Keywords: veneer, thermal plywood, heat treatment, moisture absorption, water absorption

Введение

Основные требования, предъявляемые к строительным конструкциям, – долговечность, минимальная деформация в условиях переменных влажностно-температурных воздействий и нетоксичность. 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 различными способами и средствами защиты. Таким образом, создание новых специальных видов фанеры остается одной из важных проблем деревообрабатывающей и строительной отрасли.

Традиционные методы модификации древесины (механические, химические) практически исчерпали свои возможности. Поэтому актуальным является поиск и разработка новых технологий, основанных преимущественно на физико-химических воздействиях на древесное сырье, таких, которые приводили бы к его модифицированию для повышения качества и конкуренто-

способности выпускаемой продукции на его основе.

Одними из перспективных способов повышения качества древесно-клееных материалов на стадии производства является термическая модификация древесного наполнителя [1].

Экспериментальная часть

На кафедре АрД ФГБОУ ВПО «КНИТУ» проводятся исследования по разработке влагостойкой фанеры из термомодифицированного шпона [2]. В качестве сырья используется лущеный березовый шпон, различной толщины 0,95; 1,5; 2 мм.

Листы шпона термомодифицируются в нагретых плитах продолжительностью 10-20 минут при температурах 200 - 240 °С. Далее листы шпона, прошедшие термомодифицирование, собираются в пакеты с использованием клея горячего отверждения. Сформированные пакеты нагреваются до температуры 125°С под прессом, с последующей выдержкой в течение 4 часов [2].

Далее определяется гигроскопичность полученной фанеры.

Влагопоглощение фанеры, изготовленной на основе термически модифицированного и не модифицированного шпона, определяли по стандартизованной методике (ГОСТ 9621-72) [3]. В эксперименте применяли следующую аппаратуру, материалы и реактивы: весы с точностью взвешивания до 0,01 г, сушильный шкаф, обеспечивающее постоянную температуру 103°C, эксикатор, хлористый кальций.

Эксперимент по определению влагопоглощения проводился по следующей методике. Из трехслойной фанеры толщиной 5 мм вырезали образцы размерами 20x20 мм и определили массу на весах. После чего образцы устанавливают на решетку эксикатора так, чтобы не касались друг друга. На дне эксикатора находится пересыщенный раствор углекислого натрия (сода), который не контактирует с установленными на решетке образцами фанеры. Образцы периодически взвешивали, причем первое взвешивание производили через сутки, считая с момента помещения образца в эксикатор. Последующие взвешивания производили через двое, трое, пятеро суток, а затем через каждые - десять суток до 50.

На рис. 1 представлены графики зависимости изменения относительной массы образцов фанеры, изготовленной на основе шпона с различной степенью термомодифицирования – от времени в течение периода их выдержки в эксикаторе во влажной среде. При этом фанера была склеена на основе смолы марки КФМТ-15 горячего отверждения.

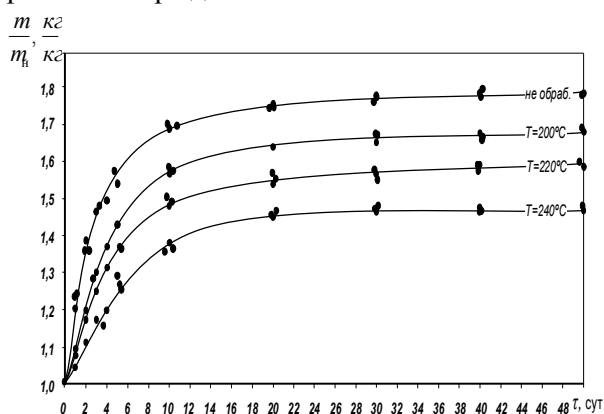


Рис. 1. Изменение относительной массы фанеры, изготовленной из листов шпона с различной степенью термомодифицирования, в процессе выдержки во влажной среде.

Анализируя полученные данные можно отметить, что в течение 10 суток у образцов фанеры, изготовленных из термомодифицированного

шпона изменения относительной массы во влажной среде составило на 7-14% меньше по сравнению с образцами фанеры, созданного из обычного шпона.

При определении водопоглощения фанеры, образцы погружали в эксикатор с дистиллированной водой с температурой 20°C и периодически взвешивали через 1, 2, 3, и 5 суток по ГОСТ 9621-72 [3].

На рис. 2 представлены графики зависимости изменения относительной массы трехслойной фанеры изготовленной на основе шпона с различной степенью термомодифицирования от времени в течение периода их выдержки в дистиллированной воде.

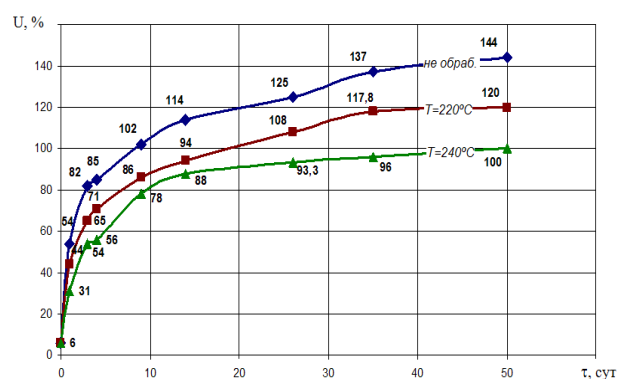


Рис. 2. Изменение влажности образцов фанеры, изготовленной из листов шпона с различной степенью термомодифицирования, в процессе выдержки в дистиллированной воде.

Анализ графиков показывает, что фанера, изготовленная из термообработанного шпона с большей степенью термомодифицирования, обеспечивает несколько больший эффект повышения водоотталкивающих свойств. Установлено, что по сравнению с образцами фанеры, не прошедшими термомодифицирование, водопоглощение образцов термообработанной фанеры меньше на 13-25%. Установлено, что водопоглощение зависит также от толщины фанерной плиты, чем толще фанера, тем меньше ее водопоглощение.

Это связано с меньшей проникающей способностью воды во внутренние слои фанеры.

Минимальные значения водопоглощения имели образцы фанеры, изготовленные из шпона с температурой обработки 220 °C.

Заключение

В результате предварительного исследования фанеры, изготовленного из термомодифицированного шпона, установлено повышение ее водоотталкивающих свойств: разбухания и водо-

поглощения фанеры за 24 часа уменьшилось в среднем на 4 и 10 % соответственно, по сравнению с этими показателями фанеры, изготовленной из шпона не прошедшей термообработку.

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.

Список литературы

1. Сафин, Р.Р. Термическая обработка древесного наполнителя в производстве композиционных материалов / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, В.А. Лашков // Вестник КГТУ. Казань. – 2011. - №20. – С. 150-155.

2. Хасаншин, Р.Р. Повышение эксплуатационных характеристик клееных материалов, созданных на основе термообработанного шпона / Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Зиятдинов // Вестник КГТУ. Казань. – 2013. - №13. – С. 87-89.

3. ГОСТ 9621-72 «Древесина слоистая клееная. Методы определения физических свойств». ИПК Издательство стандартов, М, 1998 г. - С.6.

4. Хасаншин Р.Р. Оценка влияния термической обработки древесного наполнителя на эксплуатационные свойства цементно-стружечной плиты/ Р.Р. Хасаншин, Н.Р. Галяветдинов, Ф.Г. Валиев // Вестник КГТУ. Казань. – 2012. - №10. – С. 85-88.

5. Safin R.R. Studies on mechanical properties of composite materials based on thermo modified timber / R.R. Safin, E.Y. Razumov, Štefan Barcňk, Monika Kvietkov, R.R. Khasanshin // Journal “Drvna industrija” (“Wood industry”) 64(1) 3-6 Zagreb, CROATIA, 2012, P. 3-8.

Р.Р. Хасаншин – канд. техн. наук, доц. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ, olambis@rambler.ru; Р.Р. Зиятдинов – аспирант каф. переработки древесных материалов КНИТУ; Д.Р. Хазиева – магистр КНИТУ; К.Р. Кузнецов – магистр КНИТУ.

КОТЛЫ

ВОДОГРЕЙНЫЕ ПАРОВЫЕ, ТЕРМОМАСЛЯНЫЕ

на опилках, коре, торфе

мощностью от 0,2 до 10 МВт

СУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ

ГАЗОВЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ
БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ

Владимирская обл.,
г. Ковров, ул. Муромская, 14
тел./факс: (49232) 6-16-96, 4-44-88, 3-10-36
e-mail: geysers-msk@termowood.ru
<http://www.termowood.ru>



УДК 674.02

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

С.Барцик, М.Гашпарик, Е.Ю.Разумов, Е.Д.Мифтиева

В статье рассмотрены возможности использования лазерного луча и струи воды при обработке древесины и древесных материалов. Описаны факторы, воздействующие на резание древесины лазером, такие как влияние конструкции классической рабочей установки на обработку древесины лазером, ее обслуживание и безопасность работы, а также способы использования водной струи с различным конструкционным проведением водных сопел, такие как рабочая установка для гидроабразивной резки. Указаны преимущества обработки древесины струей воды по сравнению с остальными нетрадиционными технологиями.

Ключевые слова: обработка древесины лазером, обработка древесины струей воды.

The possibilities of using a laser beam and a jet of water in the processing of wood and wood-based materials. Describes the factors that affect the wood cutting laser, such as the influence of the classical design of the working set for the laser treatment of wood, its maintenance and safety work, and how to use water jets with different construction holding water nozzle, such as the operating system for waterjet cutting. Outlines the advantages of wood processing a stream of water in comparison with other nontraditional - governmental technologies.

Keywords : woodworking laser treatment of wood with water.

Введение

В настоящее время в современной практике деревообрабатывающей промышленности все большее применение находят устройства работающие на принципе использования квантовой энергии [6]. Речь идет о бесстружечной обработке (резании) древесины и древесных материалов высоко концентрированной тепловой энергией лазерного луча или потока жидкости высокого давления.

Принцип этих методов можно при определенных условиях рассматривать как бесстружечные методы обработки древесины а станочное оборудование с точки зрения классификации деревообрабатывающего оборудования отнести к группе – Иные деревообрабатывающие станки.

В деревообрабатывающей промышленности, прежде всего в мебельной отрасли находят применение оба оборудования, работающие на приведенных принципах, применяются, прежде всего, при резании древесных материалов разнообразных геометрических форм, при производстве промышленных интарсий (напольных покрытий) и при поверхностной гравировке поверхности мебели и облицовок, в частности (обрабатываемых материалов, при изготовлении спортивных принадлежностей, сэндвич панелей и т.д.).

Оборудование для лазерной обработки

Лазер - Light Amplifikation by Stimulated Emission of Radiation (рис.1) представляет собой

источник монохроматического излучения направленного в пучок когерентных лучей с круглым поперечным сечением [5].

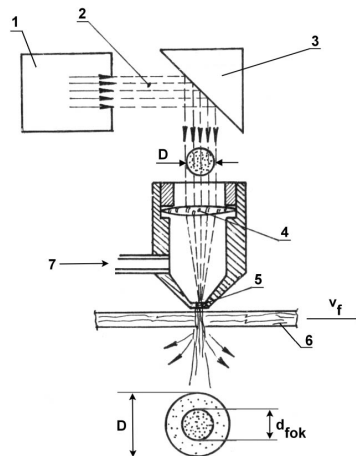


Рис. 1 Принцип действия лазера: 1 - источник излучения, 2 – пучок лазерных лучей, 3 – система зеркал, 4 – система линз, 5 - коаксиальное сопло, 6 - заготовка 7 – вспомогательный (инертный) газ

Оптический пучок лучей – сконцентрирован системой линз на очень небольшую круговую поверхность диаметром несколько десятых долей миллиметра (мене, чем 1 мм²). Интенсивность излучаемой энергии сконцентрированной на этой площади высока (10⁵ Вт.см⁻²) и способствует тому, что древесина и древесные материалы в зоне воздействия разрушается – обгорает.

Факторы, влияющие на лазерную резку древесины

Факторы приведены на рис. 2. Эффективность процесса лазерной обработки, прежде всего, зависит от его выходной мощности, помимо этого основного параметра на процесс обработки

влияют режим резания и вид материала.

Производительность лазера выражается глубиной разрушения материала, то есть глубиной фокуса „ e_{fok} “ – способность проникать в материал определенной толщины [8].

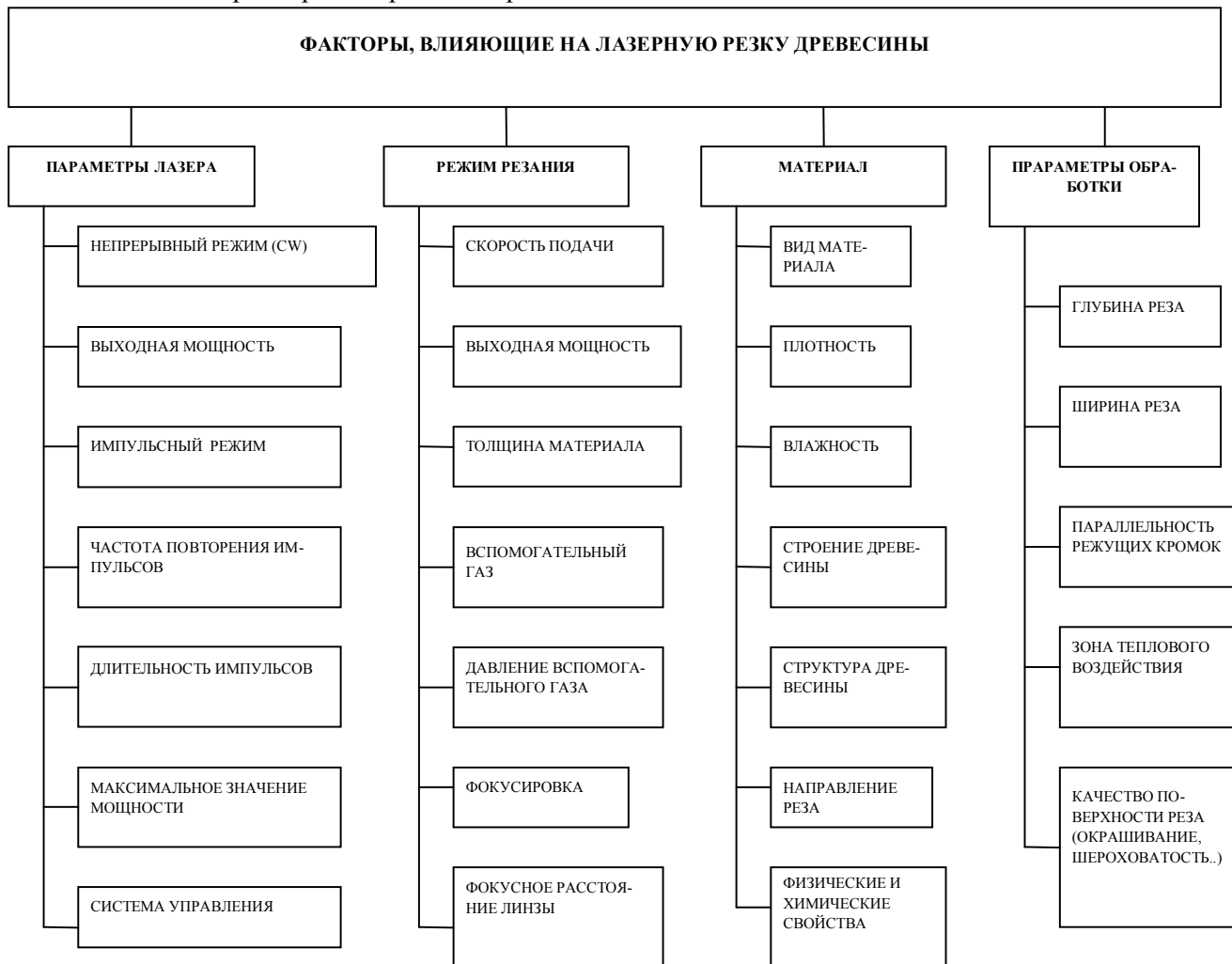


Рис. 2 Факторы, влияющие на лазерную резку древесины

Глубина фокуса рассчитывается из соотношения:

$$e_{\text{fok}} = \frac{0,64 \cdot \pi \cdot d_{\text{fok}}^2}{4 \cdot \lambda} \quad [\text{м} \cdot 10^{-3}], \quad 1)$$

при этом:

$$d_{\text{fok}} = 4 \cdot \frac{f \cdot \lambda}{\pi \cdot D} \quad [\text{м} \cdot 10^{-3}], \quad 2)$$

где: d_{fok} – диаметр сконцентрированного пучка лучей в фокусе $[\text{м} \cdot 10^{-3}]$; λ – длина волны излучения на выходе $[\text{м} \cdot 10^{-3}]$; D – диаметр лучевого пучка, падающего от зеркала на линзу $[\text{м} \cdot 10^{-3}]$; f – фокусное расстояние линзы $[\text{м} \cdot 10^{-3}]$.

Производительность лазерного обрабатывающего оборудования существенно зависит от скорости подачи „ v_f “, то есть скорости резания,

меняющейся с изменением фокусного расстояния „ f “ (чем меньше f , тем выше скорость), положением сопла над материалом (оптимальное значение $2 \text{ мм} \cdot 10^{-3}$), типом и давлением вспомогательного газа (оптимальное значение $0,1 \div 0,15 \text{ МПа}$) [1]. Существенное влияние на скорость резания оказывает высота реза, где за оптимальную скорость принята скорость, при которой разница в ширине реза на входе и на выходе лазерного луча не превышает $0,1 \text{ мм}$. Максимальной считается скорость, при которой материал разрежется не зависимо от коэффициента резания. С увеличивающейся скоростью ширина реза и глубина реза уменьшаются, и тем короче время излучения, т.е. окрашивание и обугливание меньше. Скорость подачи влияет на шероховатость поверхности ре-

за, чем v_f меньше, тем большее тепловое воздействие на материал, вследствие чего шероховатость реза увеличивается. При производстве мебели чаще всего используются CO_2 лазеры с выходной мощностью $150 \div 1500$ Вт.

Лазерный технологический комплекс (ЛТК)

Развитие оборудования для лазерной резки на базе CO_2 -лазера началось с открытием вынужденного излучения молекул CO_2 в оптическом резонаторе. Лазерный луч, образующийся в активной среде CO_2 с добавлением азота (N_2) и гелия (He) достигает высокого КПД лазера при преобразовании электрической энергии в энергию излучения. Установка лазерной резки, изображенная на (рис.3), например SM-400 состоит из CO_2 -лазера и координатного стола с числовым программным управлением.

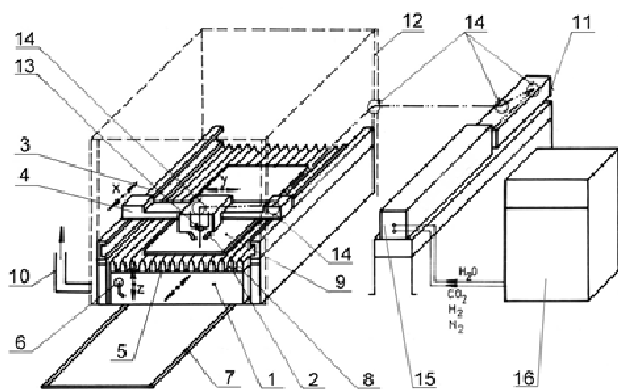


Рис. 3 Лазерный технологический комплекс
1 – передвижная платформа, 2 – решетка 3 – продольный суппорт, 4 – поперечный суппорт, 5 – решетчатый рабочий стол, 6 – ручной механизм перемещения платформы в направлении "Z" оси, 7 – рельсовые направляющие, 8 – режущая головка лазера, 9 – обрабатываемый материал, 10 – отвод отработавших газов, 11 – зеркальный телескоп, 12 – коробчатая конструкция установки, 13 – система линз, 14 – система зеркал, 15 – CO_2 -лазер, 16 – источник питания (блок питания)

CO_2 -лазер работает при низком давлении газового разряда с медленной продольной подачей газа [3]. Используются газы CO_2 , N_2 и газообразная смесь HeNi ($\text{He}_2 + \text{N}_2$).

Разряд поддерживается в газоразрядных трубках, наполненных газообразной смесью посредством устройства высокого напряжения.

При правильном выборе состава газа резонансной передачей возбуждения в газоразрядной трубке создается инверсия населенностей между колебательными уровнями молекул CO_2 . Создание вынужденного излучения позволяет использовать оптический резонатор. Постоянная инверсия с непрерывным выходом излучения из оптического

резонатора является условием непрерывного лазерного излучения с длиной волны $\sim 10,6$ м.

Лазерный резонатор образует составную группу компонентов, характеризующихся высокой жесткостью. На торцах расположены призмы (отражающие зеркала) отражения луча, так чтобы возникло многократное необходимое отражение траектории луча при небольшой длине конструкции резонатора. Выход луча с устройства (резонатора) обеспечивает германиевая или цинко-селенидовая оптика. Луч после выхода из резонатора поступает в телескоп, где оптимизируется его диаметр и выходит через боковое отверстие к рабочему столу. В столе системой зеркал направляется к режущей головке лазера, которая обеспечивает фокусирование излучения на обрабатываемый материал.

Луч выходит через сопло, одновременно через сопло проходит сжатый воздух, как вспомогательный газ и обдувает обрабатываемые заготовки. Охлаждение системы фокусирования обеспечивается водой (H_2O), вспомогательным контуром охлаждения.

Координатный стол

Лазерный координатный стол представляет собой конструкцию, где в его внутренней части установлен подвижный координатный портал с x , y , z суппортами.

Продольный суппорт (x) – содержит охлаждаемое водой зеркало, предназначенное для преобразования луча в направлении оси Y а также для передвижения самого поперечного суппорта (y). С помощью сервоприводов и коробок передач достигается точное позиционирование рабочей головки лазера.

Поперечный суппорт (y) – здесь расположен сервомотор со считывающими устройствами, лазерная режущая головка с водным охлаждением и соответствующей оптикой, обеспечивающей точное позиционирование в продольном направлении „ y “.

Рабочий стол

Находится в нижней части координационного стола. Служит для фиксации обрабатываемого материала с помощью ухватов, включает в себя механизировано (более старые конструкции вручную) устанавливающуюся по высоте решетку. В нижней части стола размещен контейнер для улавливания и сбора отходов. Контейнер выдвигается по рельсовым направляющим с боковой стороны координатного стола.

В полную комплектацию лазерного технологического комплекса входит числовое программное управление (ЧПУ) и ПК - CAD / CAM систе-

мы для обработки данных и создания NC программ и их хранения. В таблице 1 приведены основные технические характеристики ЛТК.

Табл. 1 Технические характеристики оборудования для лазерной обработки, применяемого в мебельной промышленности.

Технический параметр	Единица измерения	Диапазон
Габаритные размеры		
- длина	мм	2800 – 3500
- ширина	мм	2500 – 3000
- высота	мм	1200 – 1600
Размеры заготовки		
- длина		
- ширина	мм	100 – 2600
Размеры стола	мм	100 – 1800
- рабочая высота		
Мощность, общая	мм	630 – 950
Макс. толщина обработки	кВт	5 – 40
Скорость подачи	мм	50
Ускорение	м.мин ⁻¹	0 – 40
Вес оборудования	м.с ⁻²	0,5 – 1,5
	кг	1000 – 1500

Эксплуатация и техническое обслуживание ЛТК

Эксплуатация и уход за станком производится таким образом, чтобы была возможность работать на станке с минимальными затратами на техобслуживание и ремонт, осуществляется на основе конкретных инструкций, разработанных в зависимости от типа оборудования и требования к квалификации рабочих. При этом ограничивается только заменой носителей (масло, вода, очистка фильтра) в выключенном состоянии оборудования. Вмешательства в оптическую часть ЛТК при включенном лазере осуществляет обслуживающий персонал с использованием защитных средств (10, 11).

Безопасность работы на ЛТК

ЛТК должен быть защищен от вмешательства посторонних лиц и может быть введен в эксплуатацию только по указанию лица, ответственного за его работу. Ответственный за работу станка должен перед вводом его в эксплуатацию проверить, чтобы на рабочем месте отсутствовали посторонние лица, которые могут оказаться под угрозой или предметы, которые в случае контакта с лазером могут быть опасными для окружающей среды. Лазерные установки может обслуживать

персонал, прошедший обучение и медицинский осмотр. Рабочее место должно быть защищено от доступа посторонних лиц, например ограждением или защитной блокировкой и обозначено запретом входа с предупреждением об опасном излучении. Процесс лазерной резки сопровождается выделением вредных и токсичных газов, в связи с чем, рабочее место должно быть оснащено эффективной вытяжной системой вентиляции. Лазерный луч должен быть остановлен в конце его полезной траектории эффективным ограждением.

Все участки лазерной установки, в которых перемещается лазерный луч, являются блокированными от доступа электронной системой с помощью датчиков. При открытии защитного кожуха блокируется улавливатель излучения лазера. Запрещается эту предохранительную систему отстранять из рабочей эксплуатации станка.

Оборудование для водоструйной резки

При гидродинамической обработке в качестве режущего инструмента используется струя жидкости, при этом обработка осуществляется путем удаления материала механическим воздействием испускания узкой струи жидкости с большой скоростью и кинетической энергией на единицу площади.

Определение струи жидкости используется в общем понимании, для того чтобы выразить тот факт, что используемым рабочим носителем (средой) могут быть различные виды жидкостей. Наиболее часто используемой в промышленности жидкостью является вода [2]. В зависимости от типа и толщины обрабатываемого материала разделяют следующие способы резания:

1. Гидрорезка – резка водой (Water Jet Machining – WJM).
2. Гидроабразивная резка – вода с добавлением абразива (Abrasive Waterjet Machining – AWM).

Обработка материала гидрорезанием

Данный способ используется в основном для обработки тонких и мягких материалов с низкой прочностью, при котором струя воды образует ширину реза $\sim 0,1 \div 0,4$ мм.

Жидкость под напором на выходе из сопла (диаметр = 0,3 мм), (рис. 4) является носителем кинетической энергии и с точки зрения своего воздействия на обрабатываемую заготовку может рассматриваться как «твёрдое» тело. При попадании торцевой поверхности струи (прямой или сферической) на поверхность обрабатываемого материала происходит высвобождение кинетиче-

ской энергии и ее воздействие на материал. Сопровождающим признаком контакта струи воды с участком материала является резкое нарастание напряжения в контактной зоне, вследствие чего происходит нарушение целостности материала. Степень предела прочности определенного типа материала зависит от его механических свойств (прочность, твердость, пластичность) и величины действующего напряжения.

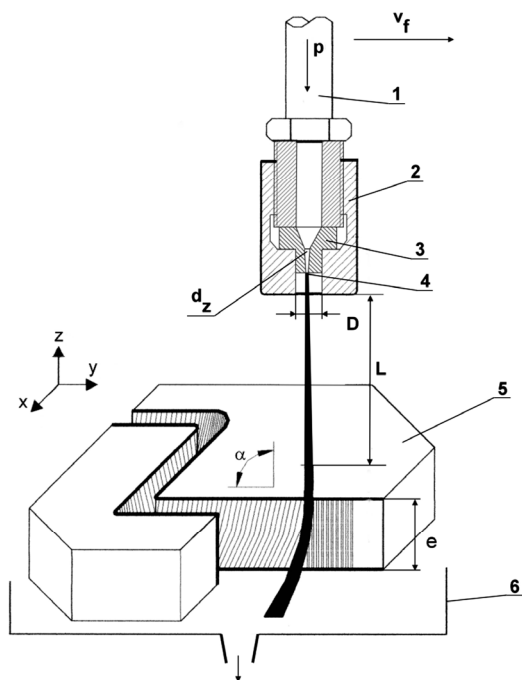


Рис. 4: Схема установки гидрорезки (WJM) 1 – подвод воды под высоким давлением, 2 – корпус сопла, 3 – сопло, 4 – выпускная трубка, 5 – заготовка, 6 – ванна для приема водноабразивной струи, p – давление жидкости [МПа], d_z – внутренний диаметр выходного сопла [мм], D – внутренний диаметр корпуса сопла на выходе [мм], L – расстояние от отверстия сопла до поверхности материала [мм], e – толщина заготовки [мм], α – угол падения луча на материал [°], v_f – скорость подачи [м.мин⁻¹].

К основным источникам разрушения материала относятся: нарушение целостности материала в результате пластической деформации, распространение волн напряжений, поперечное истечение струи и проникание жидкости внутрь структуры материала [7]. Проявление одного или нескольких из перечисленных механизмов приводит сначала к нарушению, а в дальнейшем к разрушению материала, на который воздействовала жидкость.

Сущность нарушения целостности материала чистой струей воды основывается на том принципе, что струю жидкости – режущий инструмент, исходящую со скоростью (max. 885 м.с⁻¹, при рабочем давлении на заготовку 400 МПа), можно

рассматривать с точки зрения его воздействия как твердое тело. Процесс проходит в два этапа:

1. на первом этапе под воздействием давления жидкости возникает углубление, которое становится отверстием,

2. на втором этапе происходит расширение и образуется вырезанное отверстие.

Нарушение целостности материала является результатом трансформации поступающей энергии когерентного капельного потока – струи на материал. Подведенная энергия имеет сосредоточение на очень небольшой площади (например, при диаметре струи 0,3 мм площадь составляет 0,07 мм²), которая влечет за собой деформацию первоначальной структуры и как следствие устранение определенного количества материала. Основным механизмом нарушения целостности материала является пластическая деформация. Внутреннее напряжение превышает прочностные характеристики обрабатываемого материала и влечет за собой возникновение трещин, которые вследствие динамической нагрузки быстро распространяются и объединяются. Нарушению целостности материала также способствует образование полостей и набухание поверхностного слоя материала рабочей жидкостью. При воздействии жидкости на заготовку происходит концентрация высокого давления на очень небольшую площадь, в результате чего в зоне реза обрабатываемой заготовки возникают трещины от ударной волны. Давление способствует быстрому разрушению материала заготовки в пределе малейших частиц и микротрещин. Микротрещины в результате динамической нагрузки быстро увеличиваются, что ведет к разрушению материала в зоне реза. Разрушение обрабатываемого материала достигается также турбулентным потоком жидкости в образующейся зоне реза с воздействием кавитационных пузырьков.

Гидравлические параметры струи воды основываются на теории механики жидкостей.

Скорость истечения струи воды:

$$v^2 = \frac{2p}{\rho} \quad [\text{м.с}^{-1}], \quad (3)$$

где: p – давление жидкости [МПа]; ρ – плотность жидкой среды [кг.м⁻³]

Или:

$$v = \frac{L}{100.e} \quad [\text{м.с}^{-1}], \quad (4)$$

где: L – производительность резания [м².с⁻¹]; e – глубина резания [мм].

На основе формулы (3) определяется скорость потока объема истекающей жидкости, как коэффициент объемного расхода:

$$Q_s = 24C_D \cdot D^2 \cdot \sqrt{0,22 \cdot p / \rho} \quad (5)$$

где: C_D – коэффициент расхода сопла; D – внутренний диаметр корпуса сопла на выходе [мм].

Гидроабразивная обработка материалов

Обработка осуществляется путем добавления абразивных частиц до чистой струи воды (рис.5). Струя воды с добавлением абразива позволяет резать все типы материалов, образуя ширину реза $\sim 0,8 \div 2,2$ мм. В качестве абразива используется природный гранат, оксид алюминия, минеральный песок, кремниевый песок, металлическая стружка.

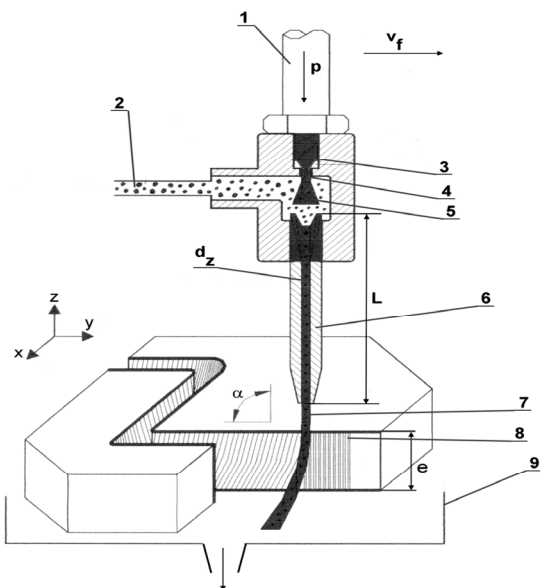


Рис. 5 Схема установки гидроабразивной резки 1 – подвод воды под высоким давлением, 2 – подача абразива, 3 – дюза, 4 – чистая струя воды, 5 – смесительная камера 6 – абразивоструйное сопло 7 – гидроабразивная режущая струя, 8 – обрабатываемая заготовка, 9 – ванна для приема водноабразивной струи

Удаление материала в зоне реза соответствует способу устранению обрабатываемого материала методом механического шлифования, размер и интенсивность которого зависит, прежде всего, от соотношения механических свойств обрабатываемой заготовки и режущего материала (абразива). Гидроабразивную струю можно отнести к инструменту с неопределенной режущей кромкой с множеством резцов клинообразной формы (аналогично как при шлифовании) и основным механизмом удаления обработанного материала подобным как при выше указанном способе обработки. Режущие клинья образованы абразивными зер-

нами, хаотично сориентированными в струе. Абразивные зерна при своем движении создают желобки и борозды на обрабатываемой поверхности. Обрабатываемая поверхность образуется как оставшаяся часть плоскостей вырезанных неопределенными режущими кромками одиночных неравномерно распределенных зерен. Обработанная поверхность в последующем формируется системой таких борозд с неравномерным контуром [4].

Микрорезание осуществляется путем микропроникания режущих частиц вглубь материала. Поверхностный слой пластически деформируется, при этом происходит разрушение целостности материала и последующее отстранение стружки. В области микрорезания в контакт с обрабатываемым материалом вступают всегда новые, не используемые ранее режущие клинья инструмента. Между абразивной частицей и поверхностью заготовки возникает трение, способствующее истиранию режущих частиц (клиньев) зерен абразива, микроразрушению (дроблению) зерен, ведущее к отделению небольших фрагментов, полное разрушение зерен, взаимное столкновение движущихся частиц. Следствием этого является уменьшение кинетической энергии частиц и увеличение количества абразива в зоне резания. Режущая способность зерна в результате его фрагментации увеличивается (большее количество режущих кромок), а сила резания незначительно уменьшится (все меньшее количество энергии воздействует на все большее количество частиц). Увеличенное количество режущих кромок частично компенсирует потерю энергии и обеспечивает постоянство отстраняемого материала в нижних участках зоны резания.

Глубина (высота) реза зависит от ряда параметров, таких как: механические свойства заготовки, вид абразива – его твердость, учитывая это, глубину реза можно вычислить по формуле:

$$e = \frac{A}{\sqrt{HV}} + \frac{B}{E + C} \quad [\text{mm}], \quad (6)$$

где: A , B , C – постоянные, которые зависят от параметров гидроабразивной струи и скорости ее подачи; E – модуль упругости заготовки; HV – твердость материала по Виккерсу.

Оборудование для гидроабразивной резки

Оборудование для водоструйной резки состоит из системы высокого давления, которая является важнейшим компонентом оборудования, трубопроводов высокого давления для развода H_2O , фильтров, двухходового клапана, сопла, ванны

для приема водноабразивной струи и отходов обработки, присадок для водоподготовки [9].

Принцип работы системы высокого давления

Функцией системы высокого давления является создание, генерация сверхвысокого давления жидкости. Промышленно используемые величины давления жидкости составляют 350 – 420 МПа. Основой конструктивного решения системы высокого давления является так называемый мультипликатор (рис.6) усилитель давления жидкости первичного гидравлического контура, чаще всего в 20 раз увеличивающий значение вторичного водяного контура. Принцип достижения приведенного преобразования основан на циклически повторяющейся подаче гидравлического масла, нагнетаемого гидравлическим насосом через распределительный клапан в левую и правую камеру мультипликатора первичного контура. Давление масла «низкой величины» p_1 (16 – 45 МПа), действующее на поршень с большей площадью S_1 создает усилие, действующее небольшой площадью штока S_2 на нагнетаемую жидкость до высокого давления во вторичном контуре p_2 . Как только жидкость вытеснена из одного цилиндра, распределитель подачи гидравлического масла переместится до противоположной камеры и поршень перемещается в противоположном направлении, при этом с другого клапана высокого давления вторичного контура жидкость выбрасывается до аккумулятора и одновременно нагнетается до противоположного цилиндра. Давление действует поочередно на поршень большей площади, шток которого со значительно меньшей площадью поперечного сечения оказывают давление на рабочую жидкость в конечных положениях. Гидравлический блок первичного контура приводится в движение стандартным электродвигателем мощностью от 19 до 75 кВт. Поток жидкости, подаваемый мультипликатором является неcontinuous. Вследствие изменения рабочего положения поршня в конечных точках направления его движения, на выходе из мультипликатора создается пульсация давления воды. С целью компенсации колебания давления и равномерной подачи непрерывного потока жидкости, до контура встроен аккумулятор сглаживания пульсации давления, который обеспечивает постоянную величину давления жидкости поступающей в сопло. До резервуара высокого давления аккумулятора из зоны поршневого участка поступает весь объем сжатой жидкости. Вывод жидкости из резервуара управляется нагнетательным устройством, через

которое исходит сжатая жидкость с постоянным давлением. При запуске оборудования в связи с заполнением объема аккумулятора необходим прогон оборудования – «насоса» несколько минут вхолостую, без резки.

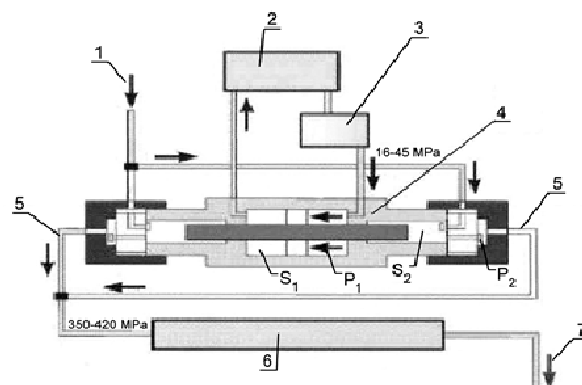


Рис. 6 Схема системы высокого давления гидрорежущего оборудования: 1 – подача воды в систему, 2 – масляный бак, 3 – гидравлический насос, 4 – мультипликатор, 5 – выброс сжатой жидкости, 6 – аккумулятор высокого давления жидкости, 7 – подача воды к режущей головке

Оборудование для фильтрации является неотъемлемой частью установки, фильтрует жидкость и отделяет нежелательные примеси в размере до $0,5 \div 1,2 \text{ мкм}$, тем самым предохраняя элементы сопловых узлов от возможных повреждений.

Система труб и распределения воды, состоит из различных видов арматур и соединительных элементов, изготовленных из нержавеющей стали, и при этом приспособленных к подвижности режущей головки. В распределительную систему входит двухходовой клапан, обеспечивающий процесс резания подводом или прекращением подачи жидкости под давлением. Воду, как главную рабочую среду необходимо подготовить (деминерализация и деионизация) с целью предотвращения засора отверстия сопла, как и улучшать воду добавлением различных полимеров, обеспечивающих сплошную - без нежелательных частиц водную струю.

Ловушка H_2O представляет собой ёмкость для улавливания струи воды после прорезания заготовки, обеспечивает подавление шума (до 105 дБ) и сбор «стружки» толщиной 300-600 мм.

Сопло является основной и наиболее важной частью оборудования, влияющей на качество режущей струи и также качество реза. Отверстие сопла изготавливается из сапфира, твердых карбидных сплавов (ТСК), чаще из алмаза. Сопла для

определённого принципа обработки гидроструей изображены на (рис. 4 и 5).

Участок управления и рабочую зону образует координатный стол.

На (рис.7) изображен общий вид рабочего участка оборудования, работающего на принципе гидроабразивной резки с двухкоординатной и трехкоординатной CNC обработкой. Хорошее ускорение и короткое время разгона портала станка обеспечивается сервоприводами, служащими для продольного и поперечного направления его движения, а также для регулировки высоты стола. В таблице 2 приводятся технические параметры оборудования для гидрорезки.

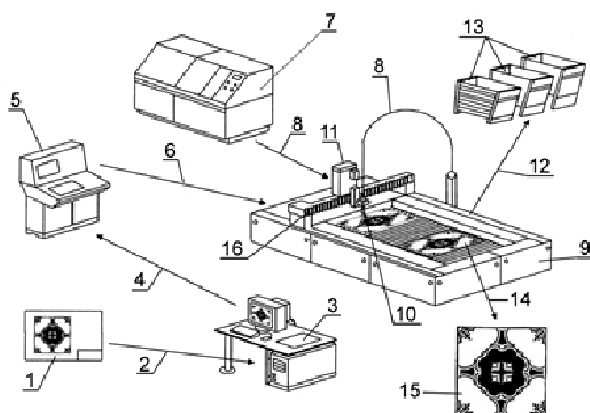


Рис. 7 Общий вид рабочего участка оборудования, работающего на принципе гидроабразивной резки: 1 - чертеж заготовки, 2 - ввод данных, 3 - PC CAD / CAM система обработки данных и создания ЧПУ программы, 4 - передача программы, 5 - участок ЧПУ, 6 - связь управляющей программы с оборудованием, 7 - система высокого давления, 8 -система распределения жидкости высокого давления, 9 - рабочий стол, 10 - режущая головка, 11 - бункер для абразива, 12 - сбор отработанной жидкости, абразивных частиц и отходов обработки, 13 - бак-отстойник, 14 - выгрузка обработанных заготовок, 15 - готовое изделие после обработки резанием, 16 - рабочий портал станка.

Преимущества водоструйной обработки материалов

Преимущества обработки древесины и древесных материалов гидрорезанием как современной технологии 21-го века в сравнении с остальными нетрадиционными технологиями, которые имеют ограниченную область применения

Табл. 2 Техничко-технологические параметры оборудования для гидрорезки

Параметр	Единица измерения	Значение
Рабочее давление воды	МПа	60 ÷ 420
Ширина струи	мм	0,1 ÷ 2,5
Расстояние между соплом и заготов-	м	2,5 ÷ 25

Ориентировочный расход воды	л/ч	30
Скорость струи	м.с ⁻¹	600 ÷ 1000
Скорость подачи v_f	м.мин ⁻¹	1 – 300
Максимальная скорость подачи при переходе на следующую позицию	м.мин ⁻¹	1200
Шероховатость поверхности реза, в зависимости от материала заготовки	мкм	3,4 ÷ 400
Рабочая зона:		
- длина	мм	2000
- ширина	мм	3000

(например, лазерный луч), можно отнести следующие:

- безопасность производственного процесса,
- высокий коэффициент полезного действия около 85% (в 8 раз выше, чем у лазера),
- высокая скорость резки,
- относительно холодный рез (40 °С), позволяющий резать термочувствительные материалы,
- возможность начать рез в любой точке заготовки,
- отпадает необходимость в хранении рабочих инструментах,
- режущая кромка без тепловых и механических деформаций,
- в зоне реза не возникает остаточных напряжений и трещин,
- способность осуществлять плоские и сложноконтурные поверхности (волнистые),
- возможность резать в разных направлениях без потери эффективности воздействия струи,
- минимальное термическое воздействие на поверхность обрабатываемой детали,
- точность резки приблизительно 0,1 мм,
- возможность установки нескольких режущих сопел (1÷20),
- низкий расход воды (0,5 л.мин⁻¹),
- безопасность рабочего процесса,
- управление струей воды компьютером, (системой ЧПУ), - минимальные требования к квалификации персонала,
- запуск и остановка водной струи в пределах 30 мкс.

Заключение

Лазерная и водоструйная обработка древесины относится к передовым технологиям 21 века. Вместе с тем существует ряд нерешенных вопросов во взаимосвязанной цепочке обрабатываемый материал - рабочий инструмент - технология, как с точки зрения обрабатываемого материала - дре-

веса ее породы, ее свойства (анизотропного материала) так и с точки зрения инструмента – лазерного луча и струи воды в контексте с оптимальными технико-технологическими факторами в соотношении с энергетической эффективностью процесса обработки, качества обрабатываемой поверхности, так например, от градиента влажности (влагопроводность) и т.д. Таким образом, необходимо и дальше уделять особое внимание этим процессам обработки со стороны специалистов. Особенно с точки зрения оптимизации параметров процесса в отношении с постоянно развивающимся использованием нетрадиционных методов обработки древесины в технологиях деревообработки и изготовления изделий.

Список литературы

1. GAJTANSKÁ, M., CHRISTOV, I., IGAZ, R.: *Lasery a ich využitie v priemysle*. TU vo Zvolene, ES, 2004, ISBN 80-228-1398-2.
2. JANÁČ, A., BÁTORA, B., BARÁNEK, I., LIPA, J.: *Technológia obrábania*. STUB – MTF, 2004, ISBN 80-227-2031-3.
3. JUZA, F.: *Řezání dřeva a nekovových materiálů CO2 laserovým paprskem*. Drevo, 44, 1989, č.3, s. 61-63.
4. KRAJNÝ, Z.: *Vodný lúč v praxi*. Epos, Bratislava, 1998, ISBN 80-805-7901-4.
5. LISIČAN, J.: *Obrábanie a delenie drevných materiálov*. VŠLD Zvolen, 1988.
6. LISIČAN, J. A KOL.: *Teória a technika spracovania dreva*, I. vydanie, Zvolen, 1996, Matcentrum, 626 s. ISBN 80-967315-6-4.
7. LUGOSI, A.: *Faipari szerszámok és gépek kézikönyve*. Muszaki konirkiadó, Budapest, 1987.
8. MAŇKOVÁ, I.: *Progresívne technológie*, Advanced Methods of Material Removal. TUK – SF, Katedra technológie materiálu, Vydavateľstvo Tlačiarne Košice, ISBN 08-7099-430-4.
9. POPPEOVÁ, V., ČUBOŇOVÁ, N.: *Programovanie CNC strojov*. Žilinská univerzita v Žiline, EDIS vydavateľstvo Žilinskej univerzity, 2000, ISBN 80-7100-777-3.
10. ORECH, J.: *Možnosti využitia laserovej techniky v drevopriemysle*. Drevo, 41, 1986, s. 126 – 128.
11. ORECH, J., ŽILIVEC, J., KLESHEŇOVÁ, M., ŠUTTA, P., STRÁNSKY, M.: *Využitie lasera pri výrobe dielcov skriniek reprodukčnej elektroniky*. Drevo, 43, 1988, č. 8, s. 219 - 221.

Чешский Земледельческий Университет, Лесоведческий и Лесопромышленный Факультет, Кафедра обработки древесины, ул. Камычка 129, 165 21 Прага 6 – Сухдол. Сайт факультета: www.fld.czu.cz. Электронная почта: Барцик С.: barcik@fld.czu.cz; Гашпарик М.: gasparik@fld.czu.cz; Разумов Е.Ю.: evgeny.razumov@yandex.ru; Мифтиева Е.Д.: xmife001@studenti.czu.cz.

Компания «Русдрев»

**продажа березовых заготовок
для мебельного производства**

**т.: 8-927-684-20-79
г. Йошкар-Ола, ул. Чехова, 12**

УДК 684.4.05

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛОВ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.В. Сафина

В работе рассматриваются вопросы эффективного использования древесины как возобновляющегося источника энергии, а также снижения доли энергетических затрат в структуре себестоимости продукции.

Ключевые слова: древесина, сушка, энергосбережение

The work deals with the efficient use of wood as a renewable source of energy, and to reduce the share of energy costs in the cost structure of production.

Keywords: wood, drying, energy saving

Предприятия деревообрабатывающей промышленности потребляют значительное количество, как правило, покупной дорогостоящей тепловой энергии. В настоящее время доля энергетических затрат в структуре себестоимости продукции достигает значительных величин (20-30%), что говорит о высокой энергоемкости производства [1, 2]. В современных условиях, когда неизбежно постепенное повышение тарифов на энергоносители особенно актуальной становится проблема энергосбережения в производственно-хозяйственной деятельности предприятий [3, 4].

Затрагивая вопрос энергосбережения на деревообрабатывающих предприятиях нельзя обойти стороной самый энергоемкий процесс данной отрасли – сушку древесины. Продолжительность сушки на большинстве деревообрабатывающих предприятий страны занимает от двух недель до двух месяцев в зависимости от сортамента высушиваемого пиломатериала, при этом происходит значительное потребление тепло- и электроэнергии. Поэтому сушка древесины – достаточно энергоемкий и, соответственно, дорогостоящий процесс. Но даже при высоких издержках рассматриваемого процесса не удастся избежать низкого качества высушиваемого пиломатериала, поскольку на предприятиях зачастую работают устаревшие конструкции сушильных камер. Нередко новые, «современные» сушильные камеры не удовлетворяют требованиям по качеству пиломатериалов, поскольку в них не организованы оптимальные гидродинамические потоки теплоносителя. Кроме того, при покупке оборудования не учитывается специфика производства: если предприятие ориентировано на выпуск небольших партий продукции из ценных твердых пород древесины, например, дуба, целесообразным является приоб-

ретение сушильных камер использующих вакуумную технологию. Если же предприятие ставит целью массовый выпуск столярно-строительных изделий из недорогих пород, то рациональной конструкцией будет являться конвективная сушильная камера. Существует множество как вакуумных, так и традиционных конвективных технологий и каждая из них имеет свою нишу, поэтому к выбору того или иного способа нужно относиться очень внимательно. Разумным подходом в данном случае является приглашение специалистов-консультантов, способных рекомендовать необходимое оборудование или произвести корректировку технологии с учетом специфики производства. Важно также привлекать к производству инженеров-экономистов, способных рассчитывать технико-экономические показатели той или иной сушилки, учитывая при этом качество конечной продукции, стоимость энергоносителей и другие текущие издержки, формирующие стоимость продукта.

К примеру, перспективные вакуумно-диэлектрические сушильные камеры, основанные на нагревании высушиваемого материала, обладающего диэлектрическими свойствами, в электрическом поле высокой частоты обеспечивают равномерный по толщине прогрев материала и качественную сушку относительно тонких пиломатериалов. В то время как при сушке толстых пиломатериалов из древесины твердых пород (толщиной более 60 мм) кипение воды проходит не по всему объему материала, а только в поверхностных слоях. В центральных зонах кипения не происходит, а вода движется к границе фазового превращения за счет градиента температуры. При таком механизме процесса непрерывный подвод высокочастотной энергии материалу приводит к

большим перепадам влажности по толщине материала и сушильным напряжениям, которые вызывают растрескивание древесины. Кроме того, неизбежен большой расход электроэнергии.

При сушке оцилиндрованных бревен для элитного домостроения на рынке предлагается вакуум-осциллирующая сушильная камера, разработанная сотрудниками кафедры переработки древесных материалов Казанского национального исследовательского технологического университета. Процесс сушки складывается из последовательно чередующихся стадий нагрева древесины и ее вакуумирования. На стадии нагрева материал обдувается перегретым паром при отсутствии инертного газа в рабочей полости аппарата. В этот период температура древесины повышается, что сопровождается испарением влаги с ее поверхности. Древесину нагревают до определенной температуры, после чего начинается стадия вакуумирования, которая характеризуется интенсивным испарением влаги с поверхности материала. На следующей стадии в камеру подается насыщенный пар, который одновременно выполняет роль агента тепловлагообработки, снимая внутренние напряжения, и идет на создание паровой среды для последующего её перегрева. Данная технология вакуумной сушки дает хорошие результаты для материалов большого сортамента, но слишком сложна для сушки других пиломатериалов.

В области конвективных способов сушки различают традиционные технологии с использованием водяного пара для снятия внутренних напряжений и находящие в последние годы всё большее распространение «импульсные» режимы, разработанные сотрудниками МГУ леса. Сущность этих режимов состоит в следующем. Сушка материала проводится циклами, каждый из которых состоит из двух стадий. На первой стадии цикла сушка пиломатериалов проходит в воздухе повышенной температуры и низкой влажности. В камере осуществляется интенсивная циркуляция сушильного агента и воздухообмен с окружающей средой. Этот период характеризуется аккумулярованием древесиной тепла и высокой интенсивностью процесса сушки за счет большого градиента влажности. В древесине в поверхностных зонах развиваются растягивающие напряжения. На второй стадии прекращается работа систем циркуляции, теплоснабжения и воздухообмена. Для этого периода характерно испарение из древесины влаги, за счет тепла, аккумулярованного материалом на первой стадии и повышение степени насыщенности воздуха.

Как показывает производственный опыт, сушка «импульсными» режимами при соответствующем соотношении продолжительности стадий процесса происходит практически без развития остаточных деформаций, а следовательно, и без остаточных напряжений, при малых перепадах влажности по толщине материала.

Применение «импульсных» режимов для конвективных сушильных камер позволяет не только отказаться от использования водяного пара, но и осуществить экономию электроэнергии за счет отключения циркуляционных вентиляторов на стадии выдержки пиломатериалов и существенно упростить систему автоматического регулирования процесса сушки. Технология сушки на базе «импульсных» режимов оказалась достаточно универсальной и эффективной. Она может быть рекомендована и для паровых лесосушильных камер, что помимо снижения затрат электроэнергии даст 30 % экономии водяного пара, поскольку отпадает необходимость проведения конечной и промежуточных влаготеплообработок, а также кондиционирования.

Однако даже при рациональном подходе полностью исключить потребление тепловой энергии предприятием невозможно, хотя бы даже ввиду климатических условий. Поэтому предприятия деревообрабатывающей промышленности вынуждены приобретать дорогостоящую тепловую энергию ТЭЦ. Это приводит к высоким годовым затратам и повышает себестоимость конечной продукции. Расчет себестоимости получения 1 Гкал тепловой энергии от различных источников с учетом эксплуатационных затрат при выработке показал, что целесообразным вариантом получения тепловой энергии является использование отходов деревообрабатывающих предприятий.

Древесные отходы, выход которых в отдельных случаях может достигать 50-60 %, являются технологической неизбежностью деревообрабатывающих производств. Если на крупных предприятиях древесные отходы используются в качестве технологического сырья для других производств, то на малых предприятиях они вывозятся на свалки и в отвалы, при этом увеличиваются затраты на перевозку и уничтожение отходов, а также происходит загрязнение окружающей среды. В связи с этим особую актуальность приобретает создание автономных источников тепловой энергии, сырьем для которых служат невосребованные древесные отходы.

Однако использование древесных отходов в качестве топлива в существующих топочных уст-

ройствах приводит к определенным трудностям. Это вызвано тем, что незначительное изменение характеристик древесного топлива, свойственное для большинства деревообрабатывающих предприятий, приводит к снижению эффективности процесса горения, а следовательно и рентабельности термической переработки отходов. Причем изменение влажности и состава топлива также приводят к изменению объема и токсичности образующихся дымовых газов.

В связи с этим в последние годы многими исследователями ведутся изыскания в области повышения эффективности горения отходов деревообработки. Так, по результатам проведенных исследований по данному вопросу сотрудниками КНИТУ была предложена предварительная подсушка отходов в бункере-дозаторе отработанными топочными газами. Предложенная конструкция топочного устройства позволяет использовать практически все виды отходов деревообработки при влажности до 60% (опилки, стружка, кусковые отходы). Используемый в ней принцип газификации представляет способ высокотемпературного окисления древесины с ограниченным доступом воздуха в генераторный газ, который состоит из горючих (CO , H_2 , CH_4) и инертных (CO_2 , N_2) газов, последующее сжигание которого осуществляется в камере сгорания. Причем необходимо отметить, что газовые выбросы при сжигании отходов по данной схеме по количественному и качественному составу близки к выбросам при работе котлов на природном газе. КПД данной установки достигает 85-90%. Таким образом, использование предлагаемого технического решения позволит не только получить дешевую тепловую энергию, но и решить экологическую проблему утилизации древесных отходов.

Однако не всегда все отходы удаётся сжечь, поскольку предприятие может, не нуждаясь в таком количестве тепловой энергии, например, в лесных хозяйствах, практикующихся на распиловке и вывозе сырого леса.

В связи с этим рассмотрим другой путь эффективного использования древесины как возобновляющегося источника энергии на примере пиролиза древесины – высокотемпературной перегонки древесины без доступа воздуха. В этом случае конечными продуктами являются получение древесного угля, жижки и горючих газов. Как известно, древесный уголь пользуется устойчивым спросом, как в России, так и за рубежом и находит применение в быту, химической, металлургической, медицинской и других отраслях промышленности. Простота аппаратного оформления,

разнообразие получаемых продуктов и лёгкость регулирования системных параметров делают этот метод не менее перспективным.

Однако в существующих устройствах жижка и горючие газы не улавливаются. В то время как при дальнейшей переработке жижки – продукта конденсации паровой смеси – получают ветеринарные и копильные препараты, креозотовые масла, использующиеся для антисептической обработки кож на кожевенных заводах и т.д. И, наконец, неконденсирующиеся горючие газы можно использовать для получения дешёвой энергии. Кроме того, при правильной организации процесса с предварительной подсушкой сырья и последующим интенсивным охлаждением полученного угля возможно значительное повышение производительности и эффективности установки.

Внедрение энергосберегающих технологий требует затрат на свое осуществление. В этом случае на первое место выходят вопросы, откуда брать средства, каковы сроки окупаемости энергосберегающих проектов, какова выгода для предприятий, осуществляющих у себя работу в области повышения энергоэффективности.

По оценкам специалистов, на реализацию энергосберегающих программ российским предприятиям необходимо выделить 25-35 % от их годовых затрат на энергоресурсы, что реально снизит энергозатраты на 30 %. Причем, окупятся энергосберегающие программы достаточно быстро, примерно за год. Если учесть, что средний срок окупаемости крупных инвестиций составляет 6-7 лет, то энергосберегающие технологии представляют большой интерес для инвесторов. Многие предприятия химической и нефтехимической промышленности, а так же предприятия, работающие в области энергетики, оценили выгоду вложения средств в разработку энергосберегающих технологий. Позитивный опыт энергосбережения таких предприятий должен послужить примером для деревообрабатывающих предприятий. Повышение эффективности деятельности отдельных деревообрабатывающих предприятий обеспечит положительные сдвиги в экономическом росте всего лесопромышленного комплекса, что особенно актуально в период становления рыночных отношений.

Список литературы

1. Передерий П.Ф. Современное состояние лесопромышленного комплекса России и концепция стратегии его развития в период до 2020 г. // Деревообрабатывающая промышленность. 2008. № 3. С. 4-8.

2. Агафонова И.П. Деревообрабатывающая промышленность России: современное состояние и пути достижения необходимого уровня развития // Деревообрабатывающая промышленность. 2003. № 4. С. 19-23.

3. Реутов Ю.М. Первоочередные и стратегические задачи развития лесного комплекса Татарстана // Деревообрабатывающая промышленность.

2007. № 5. С. 24-26.

4. Хайрутдинов Ф.Ю. Лесопромышленный комплекс Татарстана: современное состояние, актуальные задачи развития и эффективные пути их решения / Ф.Ю. Хайрутдинов, С.П.Мухин, А.В. Козлов. // Деревообрабатывающая промышленность. 2004. № 2. С. 4-7.

А.В. Сафина – канд. техн. наук, доц. каф. экономики Казанского национального исследовательского технологического университета, saf-alb@mail.ru.

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

Камера термомодифицирования пиломатериалов в топочных газах

Р.В. Данилова, Ф.В. Назипова, С.А. Угрюмов

В современных условиях при наблюдаемой тенденции роста тарифов на энергоносители, особенно актуальной становится проблема энергосбережения в производственно-хозяйственной деятельности предприятий. В тоже время в деревоперерабатывающей промышленности в последние годы наблюдается повышение интереса к такому энергоемкому процессу как термомодифицирование древесины, что объясняется введением Еврокомиссией с начала 2004 года запрета на применение химически обработанных пиломатериалов, а также уникальными свойствами получаемой продукции: низкая равновесная влажность, экологичность, повышенная биостойкость, долговечность и широкая цветовая гамма по всему сечению материала.

На сегодняшний день активной разработкой технологий термомодифицирования занимаются в таких странах как Финляндия (технология - Thermowood®), Франция (Retification), Америка (WEST-WOOD), Латвия (Vacuum Plus) и Германия (Thermoholz). Однако практически все предложенные технологии термомодифицирования имеют общий существенный недостаток: высокие энергозатраты, поскольку в качестве агента обработки зачастую используется дорогостоящий водяной пар, кроме того являющийся и агрессивной средой для оборудования.

При этом на стадии опытных экземпляров термокамер остается технология термической обработки в среде инертных газов. При этом в качестве среды предлагается использование азота, хотя с экономической точки зрения рациональным представляется использование углекислого газа, который может представлять собой продукты сгорания отходов деревообработки (топочные газы), что может не только значительно сократить энергозатраты на введение процесса, но и позволяет получать дополнительную тепловую энергию для технологических нужд и обогрева производственных площадей.

В результате предварительного математического и экспериментального моделирования была выявлена целесообразность промышленного использования способа термомодифицирования древесины в среде топочных газов. В связи с чем, была разработана и создана на производственной базе ООО «Промекс» (г. Минск) промышленная камера термической обработки древесины в среде топочных газов, объемом загрузки 15 м³. Новизна технических и технологических решений, заложенных при проектировании промышленной камеры подтверждена патентом РФ № 2437043 «Способ и устройство сушки и термической обработки древесины».

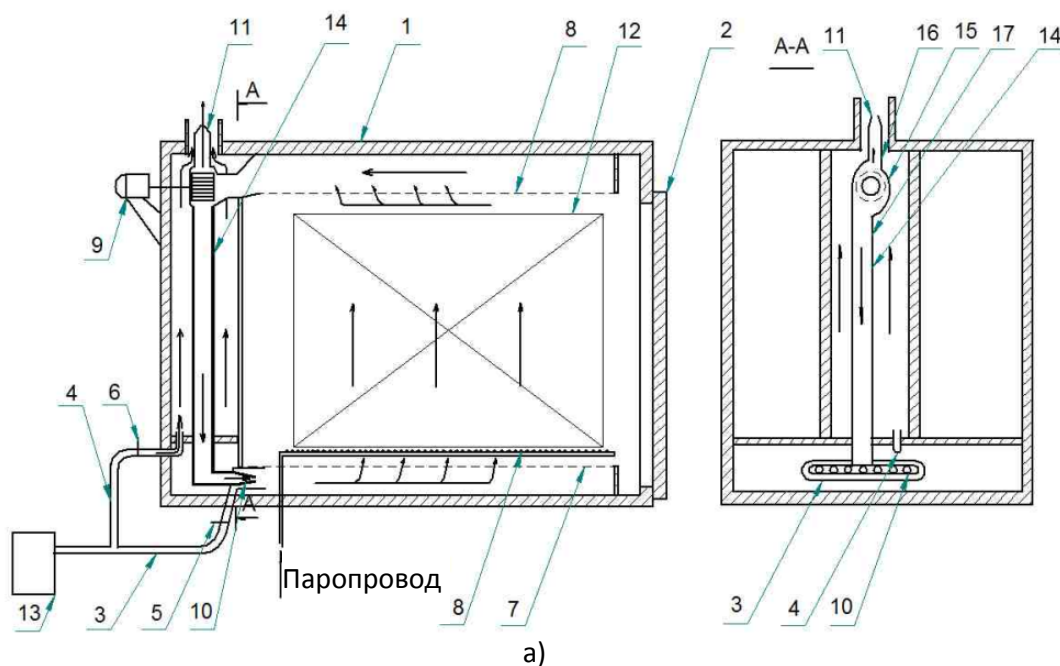
На рис. 1 представлен продольный и поперечный разрез и внешний вид установки для термомодифицирования древесины.

Установка термомодифицирования древесины представляет собой теплоизолированную металлическую камеру 1 со створками 2, имеющую два газохода 3 и 4, снабженных шиберными заслонками 5 и 6. Также внутри камеры находятся фальшпол 7 и фальш-потолок 8, система трубопроводов по которым осуществляется циркуляция парогазовой смеси центробежным вентилятором 9, эжектирующие устройства 10, 11.

Способ сушки и термической обработки древесины осуществляется следующим образом. В камеру 1 загружается уложенная в штабель древесина 12 через створки 2, которые затем плотно закрываются. После этого начинается подача дымовых газов из топки 13 в камеру через первый газоход 3. Для этого шиберную заслонку 5 открывают, а шиберную заслонку 6 оставляют закрытой. В нижней части камеры 1 в зоне первого газохода 3 установлен эжектор 10, который предназначен для создания разрежения и подсоса дымовых газов из топки 13. Дымовые газы из топки 13 через первый газоход 3 подаются в область фальшпола 7 и через его перфорацию поступают во внутреннюю часть камеры для проведения процесса высокотемпературной обработки, который осуществляется при температуре 105-130°C.

Далее дымовые газы, прошедшие через уложенную в штабель древесину 12, поступают через перфорацию фальш-потолка 8 в газоход 14. Циркуляция дымовых газов в указанном внутреннем аэродинамическом контуре осуществляется при помощи центробежного вентилятора 9. Улитка вентилятора 9 снабженная двумя выходами 16 и 17. Меньший газовый поток направляется на выход 16 для выброса в атмосферу через эжектор 11, способствующий подсосу дымовых газов из топки 13. Большой газовый поток направляется на выход 17, а затем в газоход 14 для циркуляции во внутренней области камеры 1.

На выходе газохода 14 установлен эжектор 10, создающий разрежение в этой области и способствующий подосу дымовых газов из топки 13 по первому газоходу 3 во внутреннюю область камеры 1.



б)

Рис. 1. Промышленная установка по термическому модифицированию древесины в среде топочных газов:
а – схема установки; б – внешний вид установки.

После сушки древесины до абсолютно сухого состояния её подвергают процессу термомодифицирования, для этого температуру в камере 1 повышают до 160-170°C. При этом концентрацию дымовых газов в камере 1 доводят до высокого уровня 95-100%. В топке 13 ведут постоянный контроль за подачей кислорода, с целью недопущения его попадания в рабочую область камеры 1 во избежание обугли-

вания и возгорания древесины 12. По достижении температуры 160-170°C доступ дымовых газов в камеру 1 прекращается путем перекрытия шиберной заслонки 5. При этом шиберную заслонку 6 открывают. Дальнейший нагрев парогазовой смеси, циркулирующей в рабочей полости камеры 1, осуществляется путем теплопередачи через стенку газохода 14 до достижения в камере 1 температуры 180-220°C. После достижения необходимого температурного режима древесина выдерживается в течении 3-5 часов в зависимости от необходимой степени термомодифицирования. После окончания процесса термомодифицирования древесина охлаждается до 100°C путем подачи водяного пара в камеру 1 через форсунки паропровода 18. Далее охлажденную древесину выгружают из камеры 1 через открытые створки 2.

Корпус установки по термомодифицированию древесины представляет собой металлоконструкцию, изготовленную из швеллера. В задней стене камеры смонтирован держатель для ввода вращения и вентилятора. Внутренняя облицовка выполнена из металлического листа, толщиной 6 мм, наружная облицовка из профилированного листа.

В качестве утеплителя камеры использовалась минеральная вата, поскольку базальтовое волокно является не только хорошим теплоизолятором, удерживающим данные температурные нагрузки, но и обладает водоотталкивающими свойствами, что является не маловажным в термовлажностных процессах. Кроме того, данный утеплитель не содержит летучих соединений и является достаточно экологичным.

Для перемещения нагретых топочных газов через штабель пиломатериалов используется центробежный вентилятор № 6, установленный в торце камеры. Вентилятор обладает следующими характеристиками: производительность – 31000 м³/ч; напор – 83 кгс/м²; потребляемая мощность на валу электродвигателя – 7,5 кВт. Скорость циркуляции топочных газов через штабель пиломатериалов составила 4 м/с.

Вращение вентилятора происходит с помощью электродвигателя, расположенного вне камеры. Для предотвращения перегрева электродвигателя разработана специальная конструкция ввода вращения (рис. 2).



Рис. 2. Ввод вращения

Для получения топочных газов в процессе термомодифицирования древесины используются котел с топкой, теплопроизводительностью 0,6 МВт.

Топка снабжена питателем сыпучих древесинных отходов (опилки, стружка), состоящим из топливного бункера, приводного шнека и мешалки. Пусковые испытания созданной установки показали целесообразность широкого внедрения предложенной технологии термообработки пиломатериалов мягких лиственных и хвойных пород в среде топочных газов, поскольку наблюдается сокращение энергозатраты на проведение процесса более чем в два раза по сравнению с известными аналогами.

**INTERNATIONAL
INDUSTRIAL
EXHIBITION**

5-7 March 2014

**SERBIA, BELGRADE
Metropol hotel**



**МЕЖДУНАРОДНАЯ
ПРОМЫШЛЕННАЯ
ВЫСТАВКА**

5 – 7 марта 2014 г.

**СЕРБИЯ, БЕЛГРАД
Метрополь отель**

*Уважаемые господа!
Предлагаем Вам выступить*

ИНФОРМАЦИОННЫМ ПАРТНЕРОМ ВЫСТАВКИ!

Выставка «Expo-Russia Serbia» организована при поддержке МИД РФ, Минэкономразвития РФ, Минпромторга РФ, Минобрнауки РФ, ТПП РФ, Росотрудничества, Минсельхоза РФ, отраслевых министерств и Торгово-промышленной палаты Республики Сербии.

В торжественном открытии выставки запланировано участие Президента Республики Сербия Томислава Николича, руководителей министерств и ведомств Российской Федерации и Республики Сербия.

Цель выставки: *развитие экономических, гуманитарных и социально-культурных связей между Россией, Сербией и другими странами Юго-Восточной Европы.*

Тематические разделы:

Энергетика и энергосберегающие технологии // Машиностроение // Металлургия // Авиация // Строительство // Железнодорожный транспорт // Агропромышленный комплекс // Нефтегазовая промышленность // Высокотехнологичные и инновационные отрасли // Банковская деятельность // Телекоммуникации // Медицина // Образование // Сфера услуг (туризм, автоперевозки, транспортная логистика).

Экспозиция товаров народного потребления.

Деловая программа:

5 марта – конференция «Развитие Экономического сотрудничества Российской Федерации и Республики Сербии на современном этапе».

5-6 марта – тематические круглые столы в отраслевых министерствах, встречи B2B, культурные и другие мероприятия.

Гости выставки:

На выставку будут приглашены бизнесмены, заинтересованные в сотрудничестве с Россией из следующих стран: Словения, Румыния, Македония, Венгрия, Босния и Герцеговина, Хорватия, Албания, Болгария, Греция, Черногория и другие.

Для участников организованы интересные культурная и экскурсионная программы.

Информационный спонсор:

Информационный спонсор занимается освещением МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЫСТАВКИ «EXPO-RUSSIA» в Сербии во время ее подготовки и проведения.

Вклад информационного спонсора:

- Размещение рекламного модуля для журналов и газет (количество и размер согласовываются);
- Размещение публикаций для журналов и газет (количество согласовывается);
- Размещение анонса на главной странице сайта;
- Размещение в разделе выставки;
- Рассылка информации о выставке (несколько раз в удобное для Выставки время) по подписчикам;
- Рассылка анонса по подписчикам;
- Вложения/вкладки в издания;
- Размещение рекламного баннера мероприятия на главной странице сайта информационного спонсора.

Пакет информационного спонсора:

- Присвоение статуса информационного спонсора (далее ИС);
- Диплом и Благодарственное письмо ИС от организаторов выставки;
- Предоставление места на выставочном стенде «Пресса»;
- Размещение цветного рекламного модуля ИС в официальном каталоге выставки (тираж 2000 экземпляров);
- Размещение баннера ИС на Web-сайте организатора выставки ОАО «Зарубеж-Экспо»;
- Возможность распространения имиджевой продукции ИС на выставке;
- Распространение информационных материалов ИС в период проведения выставки;
- Предоставление аккредитации согласованному числу участников от ИС на выставку;
- Предоставление согласованного количества билетов ИС на официальный прием по случаю открытия выставки;
- Предоставление специальных цен для ИС на поездку в Армению для участия в выставке.

К письму прилагаем баннер и информационное письмо.

Просьба предоставить ссылки на размещенные Вами материалы. Спасибо!

Пресс-центр выставки: Компания ОАО «Зарубеж-Экспо»
+7(495)637-50-79, 637-36-33, 637-36-66, +7(499)766-99-17, +7(499)766-92-82
многоканальный номер +7 (495) 721-32-36,
www.zarubezhexpo.ru E-mail: sekretar@zarubezhexpo.ru



EXPO-RUSSIA

Календарь мероприятий



6-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА «EXPO-RUSSIA ARMENIA 2014»

22-24 ОКТЯБРЯ 2014 Г.
ЕРЕВАН, АРМЕНИЯ
ДОМ ПРАВИТЕЛЬСТВА АРМЕНИИ

Тематика выставки: инвестиционные проекты, новейшие разработки в энергетике, машиностроении и автомобильной промышленности, геологии и горнодобывающей промышленности, химической промышленности, металлургии, медицине и фармацевтике, атомной энергетике, телекоммуникациях и связи, образовании, строительстве, агропромышленном комплексе и других отраслях промышленности.



5-Я ЮБИЛЕЙНАЯ РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА «EXPO-RUSSIA KAZAKHSTAN 2014»

ТРЕТИЙ АЛМАТИНСКИЙ БИЗНЕС-ФОРУМ

7-9 ИЮНЯ 2014 Г.
АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН

Тематика выставки: инвестиционные проекты, новейшие разработки в энергетике, машиностроении и автомобильной промышленности, геологии и горнодобывающей промышленности, химической промышленности, металлургии, медицине и фармацевтике, атомной энергетике, телекоммуникациях и связи, образовании, строительстве, агропромышленном комплексе и других отраслях промышленности.

Оргкомитет: ОАО «Зарубеж-Экспо»,
Москва, Пречистенка, 10

+7 (495) 721-32-36; 637-36-66, 637-36-33, 637-50-79
info@zarubezhexpo.ru www.zarubezhexpo.ru



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