

*Wood*

Д

# Дерево— обрабатывающая промышленность

1/2003

ISSN 0011-9008



# Дерево- обрабатывающая промышленность

1/2003

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредители:

Редакция журнала,  
Рослесспром,  
НТО бумдревпрома,  
НПО "Промысел"

Основан в апреле 1952 г.  
Выходит 6 раз в год

Редакционная коллегия:

Л.П.Мясников  
(почётный главный редактор,  
консультант),  
В.Д.Соломонов  
(главный редактор),  
П.П.Александров,  
Л.А.Алексеев,  
А.А.Барташевич,  
В.И.Бирюков,  
В.П.Бухтияров,  
А.М.Волобаев,  
А.В.Ермошина  
(зам. главного редактора),  
А.Н.Кириллов,  
Ф.Г.Линер,  
С.В.Милованов,  
В.И.Онегин,  
Ю.П.Онищенко,  
С.Н.Рыкунин,  
Г.И.Санаев,  
Б.Н.Уголев

© "Деревообрабатывающая промышленность", 2003  
Свидетельство о регистрации СМИ в Роскомпечати № 014990

Сдано в набор 30.12.2002.  
Подписано в печать 17.01.2003.  
Формат бумаги 60х88/8  
Усл. печ. л. 4,0. Уч.-изд. л. 6,5  
Тираж 1350 экз. Заказ 5235  
Цена свободная  
ОАО "Типография "Новости"  
107005, Москва, ул. Фр.Энгельса, 46

Адрес редакции:  
117303, Москва, ул. Малая  
Юшуньская, д. 1 (ГК "Берлин"),  
оф. 1709  
Телефон: (095) 319-82-30

## СОДЕРЖАНИЕ

### САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ

### ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ – 200 ЛЕТ

|  |    |
|--|----|
| Онегин В.И. Основные этапы истории Санкт-Петербургской лесотехнической академии .....  | 2  |
| Сергеевичев В.В. Сотрудничество старейшего лесного вуза России с рецензией журнала "Деревообрабатывающая промышленность" .....               | 4  |
| Онегин В.И. Современное состояние российской системы лесного образования .....   | 6  |
| Калитеевский Р.Е. Классификация бревнопильного оборудования и направления его совершенствования .....  | 9  |
| Сергеевичев А.В. Повышение качества оцилиндрованных брёвен путём совершенствования механизма резания .....                                   | 11 |
| Шматков Л.И. Целесообразность введения в процесс производства конструкционных пиломатериалов операции сортировки по величине прочности ..... | 12 |
| Стоврюк Ф.С. Современные требования к точности изготовления деревянных окон .....  | 13 |
| Бирман А.Р. Механизация процесса формирования лицевого покрытия щитового паркета .....   | 16 |
| Сергеевичев В.В. Современные технологии с использованием оборудования непрерывного действия .....  | 18 |
| Воскресенский В.Е. Повышение технического уровня рециркуляционных рукавных фильтров .....  | 19 |
| Цой Ю.И. Исследование прочности адгезии защитно-декоративных покрытий к древесным подложкам .....  | 21 |
| Онегин В.И., Цой Ю.И. Свойства водно-дисперсионных лакокрасочных материалов с металлическими пигментами .....                                | 23 |
| Чубинский А.Н., Ермолов Б.В., Сосна Л.М., Кандакова Е.Н. Свойства поверхности древесины во взаимодействии с жидким адгезивом .....           | 25 |
| Иванов Б.А., Фурин А.И. Исследование коэффициента трения вирбеля в гнезде вирбельбанка фортелиано .....                                      | 27 |
| Карпов А.С. Перспективы развития систем измерения влажности пиломатериалов в процессе сушки .....  | 28 |
| Знаменский Г.П. Совершенствование электропитания деревообрабатывающего предприятия .....   | 30 |

# ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИСТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ

**В. И. Онегин**, академик РАЕН, ректор СПбГЛТА

Необходимость юридического регламентирования сферы использования лесных ресурсов и подготовки лесных кадров возникла в России в конце XVII – начале XVIII столетий – в связи с развертыванием царём Петром I государственного военного кораблестроения. В 1703 г. при Адмиралтейском (Корабельном) приказе была создана Лесная контора с комиссарами для описи и составления ландкарт лесов. На протяжении всего XVIII века различными инструкциями и правилами предписывалось привлекать для ведения лесных работ нужное количество флотских офицеров и "лесную науку знающих людей" – чаще всего это были выходцы из Германии или обученные в ней российские подданные. В 1798 г. император Павел I подписал указ "Об организации в России Лесного департамента", а в 1802 г. был утвержден проект "Устава о лесах", в котором Лесному департаменту поручалось учредить "школы для образования и обучения людей в лесоводственных науках". 19 мая 1803 г. Указом императора Александра I было учреждено в Царском Селе лесное учебное заведение под названием "Практическое Лесное училище". В 1811 г. его перевели в Санкт-Петербург и переименовали в Лесной институт.

В 1826–1833 гг. для Лесного и межевого института – первого в России высшего учебного заведения такого типа – были возведены новые кор-



пуса по проекту архитектора А.Д.Неллингера.

Лесной институт готовил специалистов лесной службы и топографов для размежевания и оценки земель. Исключительно важное значение для развития Лесного института, положительнейшим обра-



зом сказавшееся на организации учебного процесса и становлении всех без исключения лесоводственных наук, имело образование в 1834 г. Лисинского учебно-опытного лесхоза площадью 30 тыс.га, а также – в 1902 г. – Охтинской лесной дачи площадью 1,5 тыс.га.

В 1833–1834 гг. заложен ботанический сад. Ежегодно воспитанники Лесного института высаживали несколько тысяч саженцев, которые доставлялись из Лисинского питомника и Новгородской губернии. В 20-х годах XX в. коллекции дендросада пополнялись образцами древесных и кустарниковых видов, произрастающих на Памире, в Гималаях, Северной Америке, дальних уголках России.

В 1837 г. институт был преобразован в военное училище лесного профиля. Позднее, в 1870-х годах, он вновь стал гражданским учебным заведением – Петербургским земледельческим институтом. Здесь преподавали ботаники И.П.Бородин, Г.Ф.Морозов (впервые давший определение леса как географического явления), основоположник отечественного почвоведения П.А.Костычев, фенолог Д.Н.Кайгородов, агроном А.Н.Энгельгардт и другие крупные учёные. С 1850 г. по 1862 г. садовником парка был выдающийся садовод Р. И.Шредер, а с 1886 г. парком и дендросадом заведовал известный учёный-дендролог Э.А.Вольф.

В XX в. были построены новые институтские здания – по проектам архитекторов С.Е.Бровцева и А.П.Гоголицына. Столетний юбилей института был отмечен присвоением ему звания Императорский.

После революционных событий 1917 г. Лесной институт был преобразован в политехнический институт с сохранением базового лесохозяйственного профиля. Появились специализации инженерно-

экономическая, лесоинженерная, механической технологии древесины, химической переработки древесины.

В связи с индустриализацией лесного дела в СССР в 1929 г. Лесной институт преобразовали в Лесотехническую академию, которая к этому моменту по сути дела становится техническим университетом по профилю лесного комплекса. В дополнение к всемирно известным школам лесоводов и биологов создаются научные школы в отношении технологий химической переработки древесины, механической технологии древесины, экономики и других областей науки и техники. Такие учёные, как В.Н.Сукачёв, М.Н.Римский-Корсаков, А.Т.Вакин, Д.П.Шапиро, Н.И.Никитин, Н.Н.Непенин, В.Н.Шарков, С.Ф.Орлов, А.Э.Грубе, А.Н.Песоцкий, составили славу советской науки в этот период.

В настоящее время Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия – не только старейший, но и крупнейший в мире "лесной университет". 200-летняя история академии свидетельствует: как бы ни складывалась судьба вуза, главным всегда было его вечно юное студенчество, а высококвалифицированный профессорско-преподавательский состав вуза всегда сохранял и развивал традиции сначала Практического лесного училища, потом Лесного института и, наконец, Императорского Лесного института, традиции российской лесной науки.

Данный спецномер журнала "Деревообрабатывающая промышленность" посвящён юбилею Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии: авторы всех статей – профессора и преподаватели этого прославленного технического университета по профилю лесного комплекса.



УДК 674:378.09.001.83

# СОТРУДНИЧЕСТВО СТАРЕЙШЕГО ЛЕСНОГО ВУЗА РОССИИ С РЕДАКЦИЕЙ ЖУРНАЛА "ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ"

**В. В. Сергеевичев**, д-р техн. наук, декан факультета механической технологии древесины

Специалисты каждой отрасли нуждаются в "своём" профессиональном журнале. Это в полной мере относится и к специалистам деревообрабатывающей промышленности. Более 50 лет назад был основан научно-технический и производственный журнал "Деревообрабатывающая промышленность", призванный помочь работникам отрасли получать необходимую информацию, обмениваться мнениями на его страницах, способствовать техническому и экономическому прогрессу деревообрабатывающей промышленности. Как писала редакционная коллегия журнала в первом номере (апрель 1952 г.), журнал "... рассчитан на инженеров, техников, мастеров, рабочих и служащих мебельной, фанерной, спичечной и лесохимической промышленности, а также на работников научно-исследовательских и проектных организаций, преподавателей и учащихся вузов и техникумов". То есть журнал создавался для довольно широкого круга профессионалов – для того чтобы каждый из них мог найти что-нибудь полезное и интересное для себя, поделиться своими соображениями, получить квалифицированный совет.

В редакционную коллегию журнала с самого начала входили уважаемые в отрасли руководители и специалисты. Так, первым главным редактором журнала "Деревообрабатывающая промышленность" был **Л.П.Мясников** – в то время зам. министра бумажной и деревоперерабатывающей промышленности СССР. В составе редколлегии был **Б.М.Буглай** – один из ведущих специалистов в области технологии деревообработки, автор основополагающего учебника "Технология изделий из древесины". В дальнейшем членами редколлегии стали **В.М.Кисин** – крупный организатор мебельного

производства в стране; **П.С.Серговский** – общепризнанный авторитет в области технологии и техники гидротермической обработки древесины как в нашей стране, так и за рубежом; **В.А.Куликов** (представитель ЛТА) – крупный специалист в области механической обработки древесины, её склеивания и модификации; **В.И.Бирюков** – известный специалист в области производства древесных плит и малоэтажного деревянного домостроения; **Г.И.Санаев** – начальник Отдела лесопромышленного комплекса Государственного комитета СССР по науке и технике, зам. председателя Центрального правления Научно-технического общества бумажной и деревообрабатывающей промышленности (при его непосредственном участии разрабатывались и осуществлялись научно-технические программы по решению важных народнохозяйственных проблем в отраслях лесопромышленного комплекса страны, повышению технического уровня производства лесной продукции); **Б.Н.Уголев** – ведущий древесиновед (его работы легли в основу таких научных направлений, как реология, внутренние напряжения, неразрушающие методы контроля параметров древесины); **В.И.Онегин** – академик РАН, д-р техн. наук, ректор Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии, крупный организатор лесотехнического образования. Многие специалисты отрасли, руководители предприятий, объединений, проектных и научно-исследовательских институтов являлись и являются членами редколлегии журнала "Деревообрабатывающая промышленность".

За прошедшие со дня основания журнала годы авторами публикаций были специалисты различных категорий: от профессора до ассистента,

от заместителя министра до ученика.

Каждый номер журнала содержал несколько общеотраслевых разделов ("Передовые", "Разное", "Наука и техника", "Обмен опытом", "Критика и библиография", "Нам пишут"), а также подотраслевые рубрики: "Мебельная промышленность", "Лесохимическая промышленность", "Фанерная промышленность", "Спичечная промышленность".

Очень полезными стали разделы "Библиография" и "Новые книги": благодаря им необходимая литература как бы сама стала приходить к специалистам и руководителям отрасли.

Почти в каждом номере журнала рассматриваются наиболее важные общеотраслевые проблемы: перспективного развития отрасли и социального развития предприятий; совершенствования охраны труда, окружающей среды, условий жизни и быта трудящихся; механизации тяжёлых и трудоёмких работ; внедрения более совершенных машин, оборудования, технологических процессов, АСУ и НОТ; выявления и использования резервов производства; экономии сырья, kleящих смол, инструмента, энергетических ресурсов; повышения качества продукции; совершенствования системы стандартизации продукции и метрологического обеспечения производства; улучшения структуры производства и повышения эффективности использования древесины; расширения применения древесины мягких лиственных пород, низкокачественной древесины и древесных отходов; повышения эффективности научно-исследовательских работ и ускорения их внедрения; создания новых деревообрабатывающих станков, машин, автоматических линий, инструмента, ГАП, САПР; совершенствования технологии сушки и защиты древесины, со-

здания нового сушильного оборудования, развития автоматизации процессов сушки; совершенствования деятельности ВНТО бумдревпрома; подготовки инженерно-технических и рабочих кадров для промышленности.

Конкретные публикации посвящаются отдельным подотраслям деревообрабатывающей промышленности: лесопилению, деревянному домостроению, производствам лыж, спичек, древесных плит, фанеры, мебели. А также знаменательным историческим датам: 125-летию русского технического общества, 200-летию создания Лесного департамента, 55-летию Московского лесотехнического института и др.

На страницах журнала выступали А.Л.Бершадский, Б.М.Буглай, С.Н.Горшин, А.Э.Грубе, И.В.Кречетов, Н.В.Маковский, Ф.М.Манжос, В.Н.Михайлов, А.Н.Песоцкий, С.П.Ребрин, П.С.Серговский, П.В.Соколов, Д.М.Стерлин, Р.З.Тёмкина, Г.М.Шварцман и многие другие учёные, специалисты и руководители.

В большом количестве (и на разнообразные темы) публиковались и публикуются материалы аспирантов, преподавателей и профессоров Лесотехнической академии. Вот некоторые из них.

*Н.А.Морозов, Р.Е.Калитеевский, А.Н.Коршунов.* Автоматический станок для заточки фрез по дереву.

*А.Н.Песоцкий, С.А.Баранов.* Улучшить использование резонансной древесины.

*Э.М.Цацка.* О привлечении студентов к исследовательской работе на производстве.

*И.Р.Бельский.* Об электрификации деревообрабатывающих станков. Пути дальнейшей электрификации деревообрабатывающих производств.

*М.Д.Бавельский.* Автоматический укладчик нарезанного шпона.

*С.Н.Святков, Н.А.Штенникова.* О расчёте установок пневматического транспорта с двумя вентиляторами.

*В.И.Санёв.* О синхронизации станков в автоматических линиях для обработки деталей мебели.

*Ю.П.Ефимов.* Критические скорости шпиндельного узла универсально-фрезерного станка.

*А.Э.Грубе, В.И.Санёв, В.К.Пашков.* Повышение качества распиловки путём охлаждения дисковых пил водовоздушной смесью. Автоматическое регулирование температурных напряжений в дисковых пилах.

*Н.А.Гончаров.* Номограмма для определения расхода лаков при отделке древесины. К вопросу определения модуля упругости при статическом изгибе древесностружечных плит. Номограмма для расчёта расхода клея при изготовлении древесностружечных плит.

*П.В.Костриков, А.Э.Грубе.* О расклинивающих ножах в круглопильных станках.

*И.А.Шулепов.* Влияние некоторых факторов режима лущения на качество шпона.

*А.А.Эльберт.* Влияние тепловой обработки на свойства отверждённых мочевиноформальдегидных смол.

*Е.Г.Виноградов.* Техника безопасности на деревообрабатывающих предприятиях.

*П.В.Соколов, Г.Н.Харитонов.* Модернизированные лессосушильные камеры типа "Некар – ЛТА".

*Д.Е.Ситхина.* Производительность труда при пятидневной рабочей неделе. О построении системы премирования ИТР и служащих деревообрабатывающих предприятий. О планировании показателей производительности труда и средней заработной платы в новых условиях хозяйствования.

*Г.М.Самкнуло.* О расчёте экономической эффективности внедрения новой техники.

*М.П.Янтовская.* Поверхностная электропроводность увлажнённой древесины.

*В.С.Ясинский.* О применении вакуума при изготовлении опилочных плит.

*М.В.Жестяников.* Исследование электрических явлений при шлифовании лаковых плёнок.

*Е.Г.Ивановский, Э.М.Лаутнер, П.В.Василевская.* Влияние угловых параметров резца на динамические и электрические характеристики процесса резания. Влияние толщины стружки на динамические и электрические характеристики процесса резания сосны.

*Б.С.Петров, Р.А.Акимова.* Опытная проверка Общесоюзного классификатора продукции фанерного производства с использованием вычислительной техники.

*Н.В.Качалин.* Определение продолжительности нагревания брусьев в автоклавах.

*С.И.Акишенков.* Влияние режимов камерной сушки пиломатериалов на их качество.

*Ю.В.Маркин.* Автоматизированные системы управления в лесной и деревообрабатывающей промышленности.

*А.А.Леонович.* Особенности производства огнезащищённых древесноволокнистых плит. Применение фурановых смол при изготовлении древесноволокнистых плит сухим способом.

*О.И.Полубояринов, Г.Н.Некрасова.* Определение плотности древесины путём измерения выталкивающей силы.

*Ю.С.Пелепей, О.Н.Русак.* Снижение шума штучными поглотителями.

*Е.Г.Виноградов.* О снижении производственного травматизма в мебельной подотрасли.

*С.Д.Бадмаева.* Обоснование необходимого объёма основных производственных фондов. Анализ эффективности использования основных фондов. Энергетический метод экономического анализа промышленного производства.

*Н.А.Антропов.* Гарантия комплексного использования древесины – в преимущественном развитии лесопиления.

*В.И.Онегин, В.А.Егоров, Т.Н.Монахова, В.М.Паянский-Гвоздев.* Совершенствование организации технологической подготовки мебельного производства на основе сетевого моделирования.

*В.М.Алябьев, О.И.Кузнецов, Д.В.Петроченко.* Метод оценки эффективности компенсации реактивной мощности электропривода деревообрабатывающего оборудования.

*В.Б.Красносельский, Н.К.Ступин.* Оптимальные конструкции приёмников пыли и стружки для деревообрабатывающих станков.

*Р.Е.Калитеевский.* Проблемы развития малых лесопильных предприятий.

*П.А.Хотилович, А.А.Эльберт.* Снижение выделения формальдегида из карбамидоформальдегидного связующего и древесных плит на его основе.

*С.Г.Каратайев.* Новый клей для столярно-строительных изделий.

*В.И.Онегин, Ю.И.Цой.* Водно-дисперсионные лакокрасочные материалы для прозрачной отделки древесины.

Краткий анализ материалов профессоров, преподавателей и аспирантов Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии, опубликованных в журнале на протяжении 50 лет, свидетельствует о деловом сотрудничестве учёных академии с редакцией журнала, производством и другими вузами страны.

УДК [630·3 + 674] :658.336.3

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ ЛЕСНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**В. И. Онегин**

Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия представляет собой настолько весомую часть науки и российской системы образования по профилю лесопромышленного комплекса, что на её примере можно говорить об общих проблемах развития образования в нашей стране.

Понятно, что ни одно государство не может решить своих проблем, не имея высококвалифицированных специалистов во всех сферах. Академия стоит у истоков высшего инженерного образования в России – хотя, конечно, Горный институт был основан на 30 лет раньше.

Критика, обрушившаяся в последние 10 лет на российскую систему образования и предполагаемые меры по её реформированию, во многом базировалась на ошибочном утверждении: в России "слишком много науки и образования". При этом высшую школу России постоянно упрекали в том, что проводимая модернизация копирует американскую систему. Этот вопрос до сих пор обсуждается в отдельных изданиях, передачах по радио и телевидению.

Уверенно можно сказать, что российская высшая школа выросла в основном на фундаменте немецкой системы высшего образования и за более чем 200 лет превратилась в одну из ведущих в мире, стала хорошим учеником и продолжателем традиций мировых университетов. При этом уместно напомнить: в 60-е годы прошлого века – в связи с успехами Советского Союза в области космонавтики – США пришлось реформировать свою систему образования с учётом стратегических (чemu учить) и методических (как учить) достижений советской высшей школы.

Но сегодняшние тенденции к тому, чтобы перестраивать абсолютно всё, не являются безусловным благом для системы образования. На наш взгляд, эта сфера должна быть достаточно консервативной, сохранять

здравые отечественные начала, а предлагаемые новшества должны закономерно встраиваться в проверенную годами систему.

Тем не менее хотелось бы подчеркнуть: за последние годы всё-таки произошли изменения, которых давно ждала высшая школа. Первое – это провозглашённые Законом о высшем и послевузовском образовании академические свободы: вузам предоставили право разрабатывать рабочие учебные планы и программы, формировать научные программы, создавать систему платных образовательных услуг, самостоятельно вступать в договорные отношения с учреждениями любых форм собственности, в том числе с зарубежными организациями. Второе – это введение многоуровневой системы подготовки кадров: были узаконены профессиональные степени бакалавра, специалиста, магистра. В настоящее время многие возражают против этой системы, считая её заимствованной с Запада и поэтому не отвечающей нашим условиям (хотя исторически – это российская, но забытая нами система). К сожалению, названная мера пока не подкреплена нормативными актами трудового законодательства.

Следующий момент – это юридическое обеспечение возможности получения платного образования, под которой надо понимать не только узаконение актов внесения денег в кассы высших учебных заведений (что уже широко применяется на практике), но и (и это прежде всего) наличие условий для получения престижного или альтернативного образования в коммерческом заведении, а также целевой и договорной системы финансовых отношений вузов с учреждениями и организациями – потребителями кадров.

Есть и негативные моменты: почти полностью разрушена государственная система подготовки рабочих кадров, резко деформировано среднее специальное образование, утра-

чена система учёта потребности в кадрах в целом по стране.

В настоящее время специалистов лесного профиля готовят в 37 государственных вузах. По состоянию на 1 сентября 1999 г. общее количество студентов, обучающихся по лесным специальностям, составляло около 33 тыс. человек, в том числе около 2 тыс. студентов из стран СНГ и дальнего зарубежья. Подготовку специалистов ведут более 300 профессоров, докторов наук и более 1500 доцентов, кандидатов наук – и это только по специальным дисциплинам. В настоящее время инженеров для лесопромышленного комплекса готовят по шести специальностям и двум направлениям.

По специальности 1704.00 "Машины и оборудование лесного комплекса", включающей в себя 16 специализаций, проводят подготовку дипломированных специалистов для работы на предприятиях, в научно-исследовательских, проектных институтах и конструкторских бюро в области конструирования, проектирования, эксплуатации и ремонта машин и оборудования, используемых в лесозаготовительной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной и лесохимической отраслях промышленности, а также в лесном и лесопарковом хозяйстве.

По специальности 2601.00 "Лесоинженерное дело", охватывающей 12 специализаций, готовят дипломированных специалистов для работы в области технологий лесопромышленных производств; на лесных складах, рейдах и портах; по проектированию строительства и эксплуатации лесовозных дорог и водных средств транспорта для лесоматериалов; в области производства товаров народного потребления, информационного обеспечения, экспертизы и сертификации лесопродукции, управления и предпринимательства на лесопромышленных предприятиях.

По специальности 2602.00 "Технология деревообработки", включающей в себя 13 специализаций, ведут подготовку дипломированных специалистов для работы в области технологий деревообрабатывающих производств, домостроения, защиты древесины, производства деревянных музыкальных инструментов, дизайна и конструирования мебели, архитектуры и строительства деревянных зданий и сооружений.

По специальности 2603.00 "Технология химической переработки древесины", охватывающей 9 специализаций, готовят дипломированных специалистов для работы в сфере технологий для лесохимической, гидролизной и микробиологической промышленности, а также в области физикохимии растительных полимеров, сертификации продукции, экологии.

По специальности 2604.00 "Лесное хозяйство", включающей в себя 14 специализаций, проводят подготовку дипломированных специалистов для работы (на предприятиях, в проектно-изыскательских и научно-исследовательских институтах), связанной с лесоустройством, экологией и охраной природы, питомниковым хозяйством и лесовосстановлением, защитой леса, исследованием лесных ресурсов (в том числе и аэрокосмическими методами), охото-ведением и получением недревесной продукции леса, охраной лесов от пожаров.

По специальности 2605.00 "Садово-парковое и ландшафтное строительство", охватывающей 3 специализации, готовят дипломированных специалистов для работы в проектных институтах и организациях, связанных с садово-парковым хозяйством, ландшафтным дизайном, декоративным садоводством и растениеводством.

Кроме того, в ведущих вузах лесного профиля осуществляется подготовка бакалавров и магистров по следующим направлениям:

5609.00 "Лесное дело" и 5537.00 "Технология и оборудование лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств".

Важнейшее свидетельство высокого качества подготовки специалистов (обеспечиваемого в том числе и тесной связью факультетов и кафедр с промышленностью) – их постоянная востребованность соответствующими предприятиями и организаци-

ями. Тесное взаимодействие вуза с промышленностью даёт возможность не только определять её запросы и требования к кадрам с высшим образованием, но и использовать производственные площадки для прохождения студентами практик, проведения курсового и дипломного проектирования, научно-исследовательских работ, адаптации будущего специалиста к производственным условиям. Сегодня можно уверенно заявить о востребованности выпускников СПБГЛТА: количество запросов организаций различных форм собственности на подготовку специалистов в стенах академии превышает образовательные возможности академии. В 2001 г. заявки в академию направили более 600 организаций страны: Главное управление и Комитет по природным ресурсам и охране окружающей среды Санкт-Петербурга и Ленинградской обл., Управление садово-паркового хозяйства Санкт-Петербурга, МКО "Севзапмебель", Первая мебельная фабрика, Усть-Ижорский фанерный комбинат, "Илим Палл Энтерпрайз", Кировский завод, Котласский ЦБК, Тихвинский и Бабаевский КЛПХ, Адмиралтейские верфи и многие другие. В практику работы академии вошла целевая подготовка специалистов по заказам за счёт средств предприятий.

Особую роль в подготовке кадров для отраслей лесного комплекса играет факультет повышения квалификации и переподготовки специалистов, активно действующий в академии уже более 70 лет. Факультет осуществляет повышение квалификации по 28 направлениям, проводит переподготовку кадров, имеющих непрофильное высшее образование, по 13 специальностям, организует научно-технические семинары по новым направлениям техники и технологии. Ежегодно более 300 специалистов различных отраслей лесного комплекса получают образовательные услуги на этом факультете.

Академия активно включилась в работу по созданию пробного образовательного учреждения по подготовке специалистов среднего звена и рабочих кадров для лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности Ленинградской обл. Такое образовательное учреждение можно охарактеризовать следующим образом:

1. Учредителями могут быть представители лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности (организации малого и среднего лесного бизнеса или их ассоциации); действующие образовательные учреждения, готовящие специалистов для лесного сектора; производители высокотехнологичного оборудования; органы государственного управления субъектов Российской Федерации и территориальных образований.

2. Материально-техническое обеспечение образования должно содержать в себе действующие производственные участки, оснащённые современным оборудованием.

3. Образовательные программы должны удовлетворять требованиям государственных стандартов и быть построены на основании отраслевых заказов с учётом международного опыта.

Академия является ведущим научным и методическим центром системы лесотехнических вузов России. Научно-исследовательские работы направлены на решение всех основных проблем технического и экономического развития лесного комплекса. Важнейшие из них проводятся в рамках государственных научно-технических программ "Комплексное использование древесного сырья", "Российский лес" и др. На основе результатов проведённых научных исследований в 2002 г. сотрудниками академии защищены 3 докторские и 9 кандидатских диссертаций, опубликовано 28 монографий, 58 учебников и учебных пособий, 612 статей (из них 44 – за рубежом), получено 12 патентов на изобретения. Учёные академии приняли участие в 118 научных конференциях, в том числе 78 международных. Академия является соорганизатором ежегодно проводимого Международного лесопромышленного форума, ряда международных конференций по проблемам развития лесного сектора экономики.

Научно-исследовательская деятельность осуществляется профессорско-преподавательским составом и научными сотрудниками, среди которых – 93 доктора и 340 кандидатов наук, 15 заслуженных деятелей науки и техники РФ.

Учёные академии внесли значительный вклад в создание и развитие наук о лесе, а также в научное обеспечение становления и развития лес-

ного хозяйства, лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности страны.

В академии функционируют 4 учёных совета по защите докторских диссертаций, около 200 человек обучаются в аспирантуре по 16 научным специальностям.

В академии действуют Центр экспертизы, аккредитованный Госстандартом России, Международный центр лесного хозяйства и лесной промышленности (МЦЛХП, или ICFFI) – важное звено системы международного сотрудничества российских вузов, Санкт-Петербургский региональный филиал Европейского института леса, Департамент леса и технологий лесных продуктов Всемирного технологического университета, Межвузовский учебно-научно-методический центр "Эдуколог".

На протяжении многих лет академия плодотворно сотрудничает с ведущими университетами и научными организациями Финляндии, США, Германии, Франции, Швеции, Китая и других стран: выполняются совместные научные исследования,

проводится обмен студентами. За последние 3 года выполнено 6 международных проектов, более 150 иностранных граждан обучались в стенах академии. Ежегодно более 20 преподавателей академии выезжают в Финляндию, Швецию, США, Францию и другие страны мира для чтения лекций и проведения совместных научных исследований.

СПБГЛТА – это огромный комплекс зданий и сооружений. В распоряжении студентов – четыре учебных корпуса, в которых находятся более 1000 аудиторий, кабинетов, лабораторий, вычислительные центры, оснащённые современным оборудованием; фундаментальная библиотека – крупнейшее в мире хранилище изданий по лесным наукам; уникальные музеи: Музей лесной энтомологии имени М.Н.Римского-Корсакова, выдающегося советского энтомолога (единственный в мире музей такого профиля); Музей лесной зоологии и охотоведения имени А.А.Силантьева, основоположника научного охотоведения; Музей лесоводства имени Г.Ф.Морозова, создателя научного лесоводства; Почвенно-геологический музей и др.; два

учебно-опытных лесхоза; семь общежитий; стадион; оздоровительные комплексы на Карельском перешейке и в Сочи; клуб с актовым залом на 1000 мест; профилакторий.

Здания Лесотехнической академии окружает живописный парк (см. обложку журнала) площадью 65 га, основанный ещё в 1827 г. В Ботаническом саду представлены более 1400 видов деревьев и кустарников, свыше 1500 видов травянистых растений.

Особым предметом гордости академии является Сыктывкарский лесной институт (филиал Санкт-Петербургской лесотехнической академии) – центр лесной науки и лесного образования Республики Коми, обеспечивающий высококвалифицированными кадрами эту богатую лесами республику.

Подводя итог, с уверенностью заявляем: в настоящее время в России лесное образование и лесная наука успешно развиваются, сохраняя добрые традиции и активно участвуя в работе по научному обеспечению необходимого технического, экономического и социального прогресса страны.

## **Вниманию учёных, специалистов и производственников-практиков, связанных с разработкой, производством и применением древесных плит**

Кафедра древесных пластиков и плит Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии проводит 19–20 марта 2003 г. шестой научно-практический семинар "Древесные плиты: теория и практика".

Тематика семинара: совершенствование технологий производства древесностружечных и древесноволокнистых плит, новые смолы и связующие, плиты со специальными свойствами, новое оборудование, повышение экономической эффективности производства плит, экологические аспекты.

К участию в семинаре приглашаются научно-исследовательские и проектные организации, производители плит, смол и оборудования.

**По всем вопросам обращаться по адресу:** 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5. Лесотехническая академия, кафедра древесных пластиков и плит.  
**Тел. (812) 550-06-98, доб. 33, факс 550-08-15;**  
**тел. 393-60-89 (до 9 утра и после 21 ч).**

УДК 674.093.006.16.004.69

# КЛАССИФИКАЦИЯ БРЕВНОПИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

**Р.Е. Калитеевский**, засл. деятель науки РФ, д-р техн. наук

До начала преобразования государственной плановой экономики в рыночное хозяйство в отечественной лесопильной подотрасли использовалось до 10 тыс. двухэтажных и до 90 тыс. одноэтажных лесопильных рам. Лесопильные рамы классифицировали по назначению (общего или специального назначения – коротышевые, тарные, передвижные), величине просвета (узко-, средне- и широкопросветные), виду распиливаемого материала (для распиловки бревен, для развода брусьев), величине хода, направлению движения и уклона пильной рамки и др. Крупные и средние лесопильные предприятия оснащали преимущественно двухэтажными лесопильными рамами, малые – одноэтажными. На одноэтажных рамках вырабатывали в основном необрезные доски, так как производилась распиловка бревен развалом, практически без их сортировки по диаметрам.

Уже в 50-х годах прошлого века были созданы двухэтажные лесопильные рамы с просветами пильных рамок 500, 750, 1100 мм. Рамы с просветом 500 мм предназначались для распиловки в основном тонкомерного сырья, 750 мм – бревен средних диаметров, 1100 мм – для распиловки толстомерных бревен в восточных районах страны. На базе узкопросветной рамы РД50-3 была создана гамма двухэтажных лесопильных рам: РД75-6 (для распиловки бревен), РД75-7 (для развода брусьев), РД110-1 и РД110-2 (с возможностью изменения уклона пильных рамок перед обработкой очередного бревна). Ход пильной рамки у всех этих типов двухэтажных лесопильных рам составлял 600 мм, а частота вращения коленчатого вала рам – 360, 320, 235 мин<sup>-1</sup> соответственно.

В 60-х годах был разработан и утверждён первый отечественный ГОСТ на двухэтажные лесопильные рамы с просветами 500, 630, 800 и

1000 мм (эти величины – из ряда предпочтительных чисел R – 10). ГОСТ на одноэтажные лесопильные рамы предусматривал просвет пильной рамки 630 и 800 мм. Все двухэтажные лесопильные рамы следовало выпускать с ходом пильных рамок не менее 700 мм, что соответствовало техническому уровню рамного производства того времени. Учитывалось, что тонкомерные бревна диаметром до 18 см необходимо было пилить на линиях агрегатной переработки бревен (ЛАПБ-1), а толстомерные (обычно имеющие различные сконцентрированные пороки) – на вертикальных ленточнопильных станках индивидуального раскюя (затем вырезанные элементы без пороков распиливали на делительных станках). Для этого был создан вертикальный ленточнопильный станок индивидуального раскюя ЛБ-240 с диаметром шкивов 2400 мм, который использовался для распиловки толстомерного сырья в специальном цехе (в Красноярске). Начали выпускать также вертикальный ленточнопильный станок ЛБ-150 с диаметром шкивов 1500 мм, предназначенный, в частности, для индивидуальной распиловки бревен бука и дуба.

В соответствии со стандартом на двухэтажные лесопильные рамы были изготовлены опытные образцы рам 2Р80-1 и 2Р80-2 с просветом 800 мм и ходом пильных рамок 700 мм. Считалось, что это позволит увеличить производительность рам на 16% ( $700/600 = 1,16$ ). Однако для этого требовалось повысить работоспособность подшипника нижней головки шатуна (мотылевого), уменьшить массу пильной рамки и увеличить размеры фундамента рам. В противном случае производительность возрастила только на 4–5%.

Двухэтажные лесопильные рамы имеют в несколько раз меньшую производительность по сравнению с производительностью фрезерно-

круглопильных и фрезерно-ленточнопильных станков (линий), требуют осуществления дробной сортировки бревен. Их эпоха не закончилась, но использование двухэтажных лесопильных рам в мировой практике значительно сократилось.

В 70-х годах была создана фрезерно-круглопильная линия, состоящая из двух участков: линии ЛФП-2 для переработки бревен диаметром до 24 см и линии ЛФП-3 для переработки брусьев – с максимальной высотой пропила 180 мм – на пиломатериалы и технологическую щепу. Опытный образец линии был установлен на лесопильном заводе Архангельска, но её серийный выпуск не состоялся из-за значительных недоделок.

По проекту лесопильного цеха (разработанному Гипрордревом) на Усть-Илимском ЛПК была изготовлена фрезерно-ленточнопильная линия ЛФП-1 проходного типа для переработки бревен диаметром до 30 см. После трёхгодичного хранения на предприятии её установили в цехе. Ввиду того, что линия была не отработана, её заменили аналогом производства фирмы "Альстрем". Фрезерно-ленточнопильная линия ЛФП-4 (ЛФП-150) для распиловки бревен диаметром до 42 см (скорость подачи до 72 м/мин, установленная мощность электродвигателей 1500 кВт, масса 186 т – с учётом всех околосортовых механизмов) – была спроектирована, но её не изготавливали.

За последние годы объём выпуска пиломатериалов уменьшился в несколько раз. В значительной степени это произошло на крупных и средних лесопильных предприятиях.

В условиях преобразования экономики России стал необходим выпуск спецификационных обрезных сухих пиломатериалов на малых лесопильных предприятиях. Было осуществлено широкое внедрение горизонтальных ленточнопильных станков типа "Вуд-Майзер" и круглопильных

станков типа "Лаймет" и "Кара", обеспечивающих индивидуальный раскрай брёвен без их сортировки по диаметрам. В 2001 г. до половины всего выпуска в России пиломатериалов было осуществлено на малых лесопильных предприятиях с небольшим годовым объёмом производства (примерно 5 тыс.м<sup>3</sup>).

Производство пиломатериалов занимает одно из важнейших мест в лесопромышленном комплексе развитых стран. В 70-х годах прошлого столетия СССР по выпуску пиломатериалов занимал первое место в мире. В настоящее время – несмотря на то, что общий запас древесины в России почти в 3 раза больше, чем в США, – годовой объём производства пиломатериалов в России в несколько раз меньше, чем в США, и даже меньше, чем в Японии. В России находится около четверти всех лесных ресурсов мира, однако доля России в мировом экспорте пиломатериалов составляет всего 4,4%, тогда как в 1913 г. она равнялась 41%.

Современное бревнопильное оборудование можно следующим образом классифицировать по его типу и принципу действия.

1. Многопильное оборудование проходного типа для групповой распиловки (переработки) брёвен на пиломатериалы. Коэффициент использования машинного времени К<sub>м</sub> = 0,9 и более.

2. Оборудование позиционно-проходного типа для индивидуальной распиловки брёвен и брусьев – с их возвратно-поступательным движением при раскрою. К<sub>м</sub> оборудования этого типа составляет 0,2–0,3.

3. Оборудование позиционного типа для индивидуальной распиловки брёвен и брусьев – с возвратно-поступательным движением пильных механизмов. Распиливаемый материал закреплён на неподвижной станине станка. К<sub>м</sub> оборудования этого типа равен 0,3–0,4.

Таким образом, при сопоставимых условиях бревнопильное оборудование проходного типа по производительности в 3–4, а иногда и в 5 раз лучше позиционно-проходного и позиционного оборудования.

На средних и крупных лесопильных предприятиях обычно в качестве головного устанавливают бревнопильное оборудование проходного типа. Использование позиционно-проходного и позиционного оборудования характерно для малых лесо-

пильных предприятий и установок, получивших очень большое распространение в последние годы.

К многопильному оборудованию проходного типа для групповой распиловки (обработки) относят: двухэтажные лесопильные рамы 2Р75-1А и 2Р75-2А (ОАО "Северный коммунар"); GHZ76 (с возможностью регулировки пил каждой стороны постава по ширине – фирма "Эстерер ВД"); одноэтажные лесопильные рамы Р63-4Б и, например, Р63-6 (с механизмами качания пильной рамки по каплевидной траектории). К этому типу оборудования относят также фрезерно-круглопильные линии ЛАПБ-2М, HEWSAW SL200 и SL250 (концерна "Veisto Group"), FR-16 (фирмы "Эстерер ВД") – с наибольшей высотой пропила 155; 225 и 250; 370 мм (двухвальняя технология) соответственно.

К фрезерно-ленточнопильному оборудованию проходного типа относят: ленточнопильный комплект тяжёлого класса с двумя симметрично расположенным пильными механизмами (Экодрева); сдвоенные и счетверённые ленточнопильные агрегаты, оборудованные пильными механизмами, симметрично расположенным относительно оси пиления (фирмы "Эстерер ВД"); брусищий станок Гравитон КЛБ и многоленточный конвейер Гравитон МЛК (фирмы "Гравитон") и др.

К оборудованию позиционно-проходного типа относят: круглопильные станки для индивидуальной распиловки типа "Лаймет" и "Кара"; УСК-1-1 (Вологодского ЗДС) и многие другие. Основная особенность финских станков – наличие в них гидравлических механизмов, обеспечивающих высокую точность распиловки.

К ленточнопильному оборудованию позиционно-проходного типа относят: ленточнопильный лесопильный комплект среднего класса ЛЛК-1Ф с диаметром шкивов 1000 мм; ленточнопильную бревнопильную линию тяжёлого класса ЛБЛ-130-2 – с базированием материала на тележке-манипуляторе – с диаметром шкивов 1300 мм (Экодрева) и др.

К круглопильному оборудованию позиционного типа относят станки для продольной распиловки брёвен типа "Гризли" (ЗАО "Агропромсервис") и, например, Барс-1А. Распил на них ведётся тремя (двумя) пилами, перемещающимися вдоль непо-

движно закреплённого на станине станка бревна (бруса).

К ленточнопильному оборудованию позиционного типа относят горизонтальные ленточнопильные станки "Вуд-Майзер" LT15 (с ручной подачей), LT30 и LT40, LT40 Super и – в последнее время – LT80 (с увеличенными диаметрами шкивов и толщиной пилы до 1,4 мм); универсальный горизонтальный ленточнопильный станок ЛГУ 1000 с диаметром шкива 1000 мм (Экодревпрома) и др.

Производство пиломатериалов теснейшим образом связано с целлюлозно-бумажной промышленностью: так называемые отходы лесопиления – наиболее качественное сырьё для производства целлюлозы и бумаги.

Расширение производства пиломатериалов необходимо для решения проблемы выхода России из положения сырьевого придатка Запада. В настоящее время Россия экспортирует свыше 30 млн.м<sup>3</sup> круглых лесоматериалов в год. При этом часто в страны ближнего и дальнего зарубежья поставляются экспортный пиловочник и фанерный кряж под видом балансов. Для увеличения объёма производства пиломатериалов требуется во много раз меньше капитальных вложений по сравнению с вложениями в производство бумаги.

Планируемое вступление России во Всемирную торговую организацию ставит вопрос о конкурентоспособности отечественной пилопродукции на первое место.

Отечественные станкостроительные фирмы в основном выпускают бревнопильное оборудование фермерского типа (позиционные горизонтальные ленточнопильные станки типа "Вуд-Майзер", позиционно-проходные станки типа "Лаймет", "Кара" и др.) небольшой производительности.

Следует иметь в виду, что в развитых странах 10–20% общего числа лесопильных предприятий обеспечивают 50–80% общего объёма выпуска пилопродукции. Поэтому отечественная лесопильная подотрасль должна иметь нужное количество средних и крупных предприятий с годовым объёмом распиловки брёвен от 100 до 300 тыс.м<sup>3</sup> и более (ниже издержки производства, легче удерживать имеющиеся рынки и осваивать новые, меньше расходы на рекламу и сбыт продукции).

Основные сдерживающие факто-

ры, общие для всех крупных и средних лесопильных предприятий России, – это устаревшие оборудование, процессы и системы управления. В настоящее время уже происходит массовое выбытие старых производственных мощностей. Известно, что угроза для экономической безопасности любого предприятия возникает уже тогда, когда степень износа оборудования становится равной 50%. В развитых странах фактический уровень названного показателя не превышает 25%. Поэтому оснащение отечественных крупных и средних лесопильных предприятий современной, наиболее эффективной бревнопильной техникой является важнейшей задачей.

Сегодня довольно широко развернулось строительство крупных лесопильных предприятий на базе лесопильного оборудования Германии, Финляндии, Швеции и других стран. Поэтому решать вопрос технического перевооружения отечественного

лесопильного производства целесообразно путём организации в России не только совместных лесопильных предприятий, но и совместных стакнокостроительных заводов соответствующего профиля (сначала преимущественно сборочных, затем с производством комплектующих на отечественных машиностроительных предприятиях и т.д.). При создании совместных – с передовыми зарубежными машиностроительными фирмами – предприятий можно использовать мировой опыт разработки высокопроизводительного и надёжного лесопильного оборудования.

Анализ опыта развитых стран и результатов наших исследований показывает: наиболее эффективно создание унифицированных агрегатированных линий из функциональных механизмов – модулей с присоединительными и габаритными размерами (в несколько раз короче сроки внедрения, выше надёжность оборудования, ниже себестоимость его изготовления и др.).

## Выводы

1. Изложенная классификация бревнопильного оборудования облегчает анализ его номенклатуры, определение рациональных направлений совершенствования оборудования и выбор оптимальных технических средств для конкретных условий производства пиломатериалов.

2. Учёт приведённых концептуальных положений в определённой мере обусловлит улучшение использования потенциала лесопромышленного комплекса России и выход отечественного производства пиломатериалов на одно из первых мест в мире.

## Список литературы

1. Калитеевский Р.Е. Проектирование лесопильных потоков. – М.: Лесная пром-сть, 1972. – 184 с.
2. Калитеевский Р.Е. Теория и организация лесопиления. – М.: Экология, 1995. – 325 с.

УДК 674.213.634.0.85

# ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОЦИЛИНДРОВАННЫХ БРЁВЕН ПУТЁМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМА РЕЗАНИЯ

**A. В. Сергеевичев**

В настоящее время широко развивается домостроение с использованием оцилиндрованных брёвен. Брёвна – традиционный материал для строительства жилых домов. Кроме домов из брёвен строят бани, надворные постройки и многие другие сооружения.

Оцилиндровка брёвен – ответственная и трудоёмкая технологическая операция, определяющая внешний вид обработанных брёвен, величины показателей точности их формы и особенности их последующей обработки и сборки.

В настоящее время оцилиндровку брёвен выполняют на станках позиционного и проходного типа. При изучении существующей технологии оцилиндровки брёвен нами выявлены её следующие недостатки, связанные с качеством обработки, кинематикой резания и работоспособностью режущих инструментов:

– значительна вибрация бревна при его оцилиндровке;

– не стабильны величины показателей точности формы оцилиндрованного бревна и шероховатости его поверхности;

– низка стойкость инструмента;  
– наличие прижогов на поверхности оцилиндрованного бревна и режущих инструментах.

Производительность имеющихся на предприятиях станков проходного типа, пригодных для проведения операции оцилиндровки брёвен, довольно высока, но они не обеспечивают возможности получения оцилиндрованных брёвен с требуемыми величинами показателей точности их формы и шероховатости их поверхности.

На качество оцилиндрованных брёвен отрицательно сказываются вынужденные колебания, возникающие при действии переменных сил в механизме резания. Эти силы зависят от периодичности резания, показателей анизотропии древесины и асимметрии поперечного сечения, а также от степени неуравновешенности вращающихся деталей. В станках обнаруживается недостаточная жёсткость механизмов резания и подачи.

Оцилиндровке преимущественно подвергают брёвна хвойных пород, отличающиеся большим числом природных пороков. Физико-механические свойства древесины влияют на качество оцилиндрованных брёвен, и их следует учитывать при выборе величин технологических параметров режима оцилиндровки.

Поэтому задача повышения качества оцилиндрованных брёвен – весьма актуальна. Для её решения нами разработана и внедрена 8-резцововая ножевая головка, позволяющая проводить операцию оцилиндровки брёвен комбинированным точением на роторных станках позиционного типа.

Внедрение разработанной ножевой головки в производство обеспечивает повышение качества оцилиндрованного бревна вследствие снижения шероховатости его поверхности до 75 мкм.

# ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВВЕДЕНИЯ В ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ОПЕРАЦИИ СОРТИРОВКИ ПО ВЕЛИЧИНЕ ПРОЧНОСТИ

**Л. И. Шматков,** канд. техн. наук

Отечественное лесопиление до настоящего времени было ориентировано на выпуск обезличенной пиломатериалы. Это приводило к неэффективному использованию древесины как при производстве, так и при потреблении пилопродукции. Однако чем универсальней пилопродукция, тем меньше эффект от её использования.

Сейчас степень насыщенности древесины пороками считают основным показателем качества пиломатериалов независимо от их назначения. Нормируемые геометрические параметры пороков были выбраны, исходя из возможностей визуального осмотра, без должного учёта их значимости в отношении точности выявления эксплуатационных характеристик пиломатериалов. Нормы условных показателей качества были установлены преимущественно по договорённости. Система стандартизации производства и потребления пилопродукции не менялась.

В лесопильной подотрасли есть резервы для увеличения экономического эффекта от её деятельности путём расширения ассортимента и повышения качества пилопродукции. Действующую систему стандартизации пилопродукции надо усовершенствовать на основании результатов нахождения — проведением функционально-стоимостного анализа — оптимального соотношения между рыночной стоимостью продукции и затратами на её изготовление и использование.

Анализ результатов проведённых нами исследований показывает: если определять уровень качества пиломатериалов не по видимым порокам, а по величине их прочности, то существенно расширяются ресурсы для сферы строительства и появляется возможность снизить древесиной конструкций в среднем на

18–20% исходного уровня — путём обоснованного уменьшения запасов прочности при их проектировании. При гарантированном изготовителем прочности конструкционных пиломатериалов их можно уверенно склеивать по длине, кромке и пласти. Поэтому потребители согласились платить за такие конструкционные пиломатериалы на 15–20% больше, чем за пиломатериалы обычной сортировки. В условиях повышения мирового объёма потребления конструкционных пиломатериалов конкурентоспособность отечественных пиломатериалов, особенно 4-го и 5-го сортов, значительно снизилась.

При сортировке отечественных пиломатериалов только по их насыщенности пороками древесины потребители вынуждены нести затраты на сортировку приобретённой продукции по прочности. Кроме того, экспорт в больших объёмах дешёвых короткомерных отрезков — при широком освоении технологии их склейивания — также приводит к снижению цен. А путём склейивания таких отрезков (и отпада) можно и в России получать качественные конструкционные пиломатериалы.

Поставляемые в Англию отечественные сосновые пиломатериалы 4-го и 5-го сортов толщиной 38–75 мм используют там как конструкционные — после проведения потребителем операции их сортировки по прочности. По данным фирмы "Феникс Тимбер", при сортировке отечественных пиломатериалов 4-го сорта по британскому стандарту выход пиломатериалов высшего сорта M75 (это специальные строительные пиломатериалы) составляет 58–96%.

После визуального отбора бессортных досок пиломатериалы 4-го и 5-го сортов сортируются на автоматизированной установке в автома-

тическом режиме по величине их прочности.

Решение о введении в процесс производства пиломатериалов операции их сортировки по прочности можно принимать только на основе результатов тщательного технико-экономического анализа. То же относится и к принятию решений по технологической привязке операции сортировки и выбору типа сортировочного оборудования.

Приведём три варианта использования сортировочной установки.

1. На автономной сортировочной установке сортируют пиломатериалы 4-го и 5-го сортов, которые владелец установки или приобретает у производителей (с целью их последующей перепродажи), или получает со стороны с условием возврата после оплаты собственником этой продукции работы по проведению её сортировки по прочности.

2. Сортировочную установку включают в технологическую систему конкретного лесопильного производства.

3. Проектируют новое лесопильное производство, на котором будут осуществляться операция сортировки пиломатериалов по прочности и последующая операция склейивания короткомерных отрезков по длине (появится возможность получать пиломатериалы с прогнозированными показателями прочности).

Оборудование для определения гарантированной прочности пиломатериалов работает по одной из следующих двух основных схем.

В установках типа "Компьютерматик" (Австралия) реализуют метод деформации испытуемых пиломатериалов. При этом доски нагружают постоянной силой и измеряют величину модуля упругости — с отметкой наиболее слабых сечений. Недостатки установок этого типа: они обеспе-

чивают возможность измерения только модуля упругости, а не собственно прочности пиломатериалов; оба конца доски остаются вне измерения.

Установки "Финногрейдер" (Финляндия) обеспечивают возможность автоматизированного определения гарантированной прочности пиломатериалов. В них реализован бесконтактный метод мультичастотного измерения. Сначала с помощью специальных датчиков определяют величины показателей, влияющих на прочность доски: плотности, сучковатости, косослойности. А затем управляющий компьютер по соответствующему алгоритму вычисляет значение прочности в данном сечении. Пиломатериалы подаются в продольном направлении в положении "на ребре" – во избежание пропада доски, который из-за возникающих при нём деформаций может повлиять на результаты измерений. Скорость перемещения досок со-

ставляет 1–5 м/с. Установка позволяет также получить информацию о влажности, плотности, размере сучков, косослойности. Таким образом, данная установка обеспечивает возможность осуществления автоматизированной отбраковки досок с не-нормативными величинами основных показателей качества.

### Выводы

- При выработке преимущественно обезличенных пиломатериалов лесопильное производство не способно обеспечить высокий экономический эффект от использования пиловочника. Поэтому требуется пересмотр существующих систем стандартов и нормативных материалов.

- Введение в процесс производства пиломатериалов операции их сортировки по величине прочности позволяет снизить древесиноёмкость деревянных конструкций на 18–20% исходного уровня. Пиломатериалы с

гарантированной величиной прочности на 15–20% дороже пиломатериалов обычной сортировки.

3. Установки для сортировки пиломатериалов по величине прочности можно эксплуатировать в автономном режиме, встраивать в существующий либо проектируемый технологический поток. Решение о введении операции сортировки следует принимать на основе результатов проведённого технико-экономического анализа.

4. Бесконтактные сортировочные установки типа "Финногрейдер" предпочтительнее сортировочных установок, в которых применяется метод деформаций.

5. Применение в отечественном лесопилинении установок для сортировки пиломатериалов по величине прочности позволит ему получать дополнительную прибыль – а сейчас её получают те посредники, которые такие установки уже эксплуатируют.

УДК 674.214:69.028.2.02

## СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ОКОН

**Ф. С. Столяк,** канд. техн. наук

Известно, что качество изделий в значительной степени зависит от точности изготовления их конструктивных элементов (составных частей). Однако в последние годы в России при проектировании и производстве составных изделий учёту данного положения не уделяется должного внимания, что отрицательно оказывается на качестве выпускаемой продукции.

Данная проблема весьма актуальна и в производстве деревянных окон. Для её решения прежде всего необходимо, чтобы проектировщики и изготовители таких изделий обладали нужными теоретическими знаниями и практическими навыками в области обеспечения взаимозаменяемости при их конструировании и производстве.

Для ускорения работы по решению названной проблемы надо овладеть соответствующей нормативной

(и, отметим, обязательной) терминологией, установленной действующими межгосударственными стандартами ГОСТ 25346–82 [1] и ГОСТ 24642–81 [2]. Однако в настоящее время упомянутой терминологией недостаточно владеют не только изготовители окон, но и разработчики новых государственных стандартов на деревянные окна. Так, в новом ГОСТ 23166–99 указано: "Рамочные элементы оконных блоков и их детали должны иметь правильную геометрическую форму". При этом неясно, что означает термин "правильная геометрическая форма": его определения нет и быть не может. После освоения соответствующей терминологии можно приступать к изучению основных принципов и методики расчёта и выбора допусков при конструировании и производстве изделий [3].

Точность изготовления изделий за-

висит от допусков на геометрические параметры их составных частей: допусков (предельно допустимых отклонений фактического значения от оптимального) на линейные размеры по ГОСТ 6449.1–82, на показатели формы и расположения поверхностей по ГОСТ 6449.3–82 [4, 5]. Требуемую точность изготовления составных частей конкретного изделия устанавливают – путём проведения размерного анализа – при его конструировании.

Для использования современной методики расчёта и выбора допусков при конструировании изделий нужно знать особенности зависимости качества изделия от точности изготовления его составных частей. Поэтому при проведении размерного анализа необходимо:

- определить основные параметры изделия (из числа показателей технологичности его сборки, эксплуата-

Таблица 1

| Показатели точности изготовления составных частей окна   | Основные параметры окна, зависящие от соответствующего допуска  | Норма параметра                           |
|--|---|---|
| Допуски на геометрические параметры угловых соединений деталей (брюсков для коробок и створчатых элементов) на двойной шип | Зазор и натяг (деформация смятия) между склеиваемыми поверхностями шипов, не более<br>Провес между номинально совпадающими поверхностями соединяемых деталей, не более:<br>лицевыми поверхностями изделий<br>поверхностями притворов<br>нелицевыми поверхностями изделий<br>Зазоры между заплечиками шипов (впадинами проушин) и поверхностью присоединяемой детали, не более<br>Номинальные значения размеров, входящих в размерные цепи, и допуски на эти размеры<br>Допуски на параметры формы и расположения поверхностей | 0,2<br>0,5<br>0,5<br>1,0<br>0,5<br>–<br>– |
| Допуски на линейные размеры формы и расположения поверхностей коробок и створчатых элементов в собранном изделии           | Зазоры по периметру створчатых элементов (тип 1), не менее<br>Зазоры в притворах с уплотнениями (тип 2)<br>Зазоры в притворах без уплотнений (тип 3)  | 1,5<br>–<br>0,3–2,0                       |
| Допуски на габаритные размеры изделия по ширине и высоте   | Отклонения фактических значений габаритных размеров изделия от номинальных, не более  | ±2,0                                      |

ционных, эстетических и др.), зависящие от допусков на геометрические параметры его составных частей;

– выявить геометрические параметры составных частей изделия, от допусков на которые зависят упомянутые основные параметры изделия;

– расчёты путём определить оптимальные величины допусков на выявленные "влиятельные" геометрические параметры деталей изделия – т.е. такие величины, при соблюдении которых возможно получать изделие с заданными значениями основных параметров и себестоимости;

– установить величины допусков на те геометрические параметры составных частей изделия, от допусков на которые качество изделия если и зависит, то незначительно.

Номенклатура и нормы основных параметров изделия, зависящих от точности изготовления его составных частей, должны устанавливаться в соответствующем нормативном документе (ГОСТ, ГОСТ Р, ТУ и др.) на конкретный вид изделий.

С 1 января 2001 г. действуют ГОСТ 23166–99 и ГОСТ 24700–99

[6,7], в которых приведены некоторые рекомендации по нормированию показателей точности изготовления оконных блоков. Однако эти рекомендации разработаны без учёта вышеуказанных современных принципов нормирования показателей точности изготовления деталей изделия. При конструировании любого конкретного изделия требуемую точность изготовления его составных частей можно установить только путём проведения размерного анализа. При выполнении последнего конструктор должен установить номенклатуру основных параметров изделия, зависящих от точности изготовления его составных частей.

Нами разработана примерная номенклатура основных параметров деревянных окон (табл. 1). В её первой группе – основные параметры окон, зависящие от допусков на геометрические параметры угловых соединений деталей (брюсков для коробок и створчатых элементов) на двойной шип. Для соблюдения норм параметров данной группы надо применять соответствующее технологическое оборудование и режущий инструмент (фрезы). Предприя-

тия, изготавливающие фрезы, должны иметь высокоточное технологическое оборудование и соответствующие контрольно-измерительные приборы, позволяющие выявить действительную точность изготовления инструмента, которая должна быть достаточно высокой. По данным предприятий ФРГ, выпускающих фрезы аналогичного назначения, отклонения размеров фрез, формирующих профиль, должны находиться в пределах  $\pm 0,05$  мм.

Для нормального функционирования окна прежде всего необходимо осуществить нужное взаиморасположение его составных частей (коробки, створок, фрамуги, форточки). Показатели этого взаиморасположения зависят от допусков на параметры зазоров между соответствующими поверхностями составных частей окна. По месту расположения зазоров (в закрытом окне) их делят на три типа: зазоры по периметру створчатых элементов изделия (между наружными поверхностями створок и внутренними поверхностями коробок и др.); зазоры в притворах с уплотнениями; зазоры в притворах без уплотнений.

Величины допусков на функционально значимый размер зазоров устанавливают с учётом необходимости обеспечения надёжной работы уплотнений, а также нормального (т.е. при усилиях, не превышающих нормы, и без заклинивания) открывания и закрывания створчатых элементов (створок, фрамуг, форточек).

Расчётную величину допуска на функционально значимый размер зазора каждого типа определяют в процессе проведения размерного анализа изделия – при его конструировании. При этом составляют размерную цепь, замыкающим звеном которой является размер зазора, а составными – определённые линейные размеры составных частей изделия (коробок, створок). Расчёт размерных цепей выполняют, решая при этом прямую задачу, по ГОСТ 16320–80.

Номинальные значения зазоров 1-го и 2-го типов устанавливают с учётом соответствующих размеров применяемых уплотняющих прокладок. Норму допуска на размер зазора 2-го типа в партии изготавляемых изделий устанавливают с учётом необходимости обеспечения надёжной работы уплотняющей прокладки данного профиля и типоразмера. Диапа-

Таблица 2

| Допуски формы и расположения поверхностей сборочных единиц (коробок и створчатых элементов)      |                            | Допуски формы и расположения поверхностей деталей (брюсков для коробок и створчатых элементов)       |                            |
|--|----------------------------|--|----------------------------|
| Наименование   | Точность по ГОСТ 6449.3–82 | Наименование   | Точность по ГОСТ 6449.3–82 |
| Допуск плоскостности пластей сборочных единиц  | 16                         | Допуск параллельности пластей шипов (стенок проушин) относительно пластей деталей                    | 12                         |
| Допуск прямолинейности кромок сборочных единиц   | 15                         | Допуск плоскостности пластей деталей   | 15                         |
| Допуск перпендикулярности кромок вертикальных брусков относительно кромок горизонтальных брусков | 13                         | Допуск прямолинейности кромок деталей  | 15                         |
| Допуск перпендикулярности кромок сборочных единиц относительно их пластей                        | 13                         | Допуск перпендикулярности поверхностей заплечиков шипов (впадин проушин) относительно кромок деталей | 12                         |
| Допуск перпендикулярности кромок сборочных единиц относительно их пластей                        | 13                         | Допуск перпендикулярности кромок деталей относительно их пластей                                     | 12                         |

Примечание. В обоснованных случаях допускается нормирование допусков на дополнительные показатели формы и расположения поверхностей.

зон величин зазора, при котором гарантируется надёжная работа уплотняющей прокладки, должен быть указан в соответствующей нормативной документации на применяемые прокладки (по данным завода-изготовителя).

Рекомендуемые величины допусков на показатели формы и расположения поверхностей сборочных единиц (коробок и створчатых элементов) и их составных частей (брюсков) приведены в табл. 2.

Таким образом, требуемая точность изготовления изделий может быть обоснованно установлена только после проведения размерного анализа конкретного изделия. В связи с тем, что число конструктивно различных типов деревянных окон сравнительно невелико, возможна разработка руководящих технических материалов (РТМ) по установлению допусков при конструировании деревянных окон. В указанных РТМ могут быть приведены практические рекомендации по установлению допусков на геометрические параметры составных частей окон конкретных типов.

Ошибочными, по нашему мнению, являются приведённые в новых стандартах (ГОСТ 24700–99) рекомендации по установлению допусков на размеры составных частей деревянных окон без учёта особенностей их конструкции. Основная зада-

ча стандартов заключается в обоснованном нормировании значений тех функциональных параметров изделий, которые зависят от точности геометрических параметров их составных частей.

Согласно ЕСКД установленные путём проведения размерного анализа допуски на геометрические параметры деталей изделий должны быть указаны в рабочей конструкторской документации. Однако, особенно в мелкосерийном производстве, с целью уменьшения трудоёмкости выполнения чертежей возможно указание только номинальных размеров. При этом предельные отклонения этих размеров должны быть симметричными, что и рекомендуется во всех случаях при проведении размерного анализа. Тогда в технологической документации на изготовление изделия должны быть указаны обоснованные требования к точности изготовления (требуемая точность настройки оборудования на заданный размер, погрешности формы и расположения поверхностей и др.). Эти требования, в том числе и значения номинальных размеров, могут быть приняты только на основании результатов проведённого размерного анализа аналогичных изделий и соответствующей оценки технического уровня предприятия. Данный вариант широко применяют в зарубежной практике,

что при высокой ответственности и квалификации исполнителей, соответствующем техническом уровне предприятия и уровне общей культуры производства позволяет гарантировать высокое качество выпускаемой продукции.

Основные факторы, влияющие на обеспечение взаимозаменяемости в производстве изделий, таковы:

- технический уровень и показатели точности применяемого технологического оборудования;
- конструкция и точность изготовления режущего инструмента;
- метрологическое обеспечение производства;
- квалификация исполнителей и культура производства.

Применяемое оборудование, при правильной его настройке, должно обеспечивать требуемую точность изготовления составных частей изделия. Как известно, показатели точности оборудования определяются полем рассеяния размеров, полученных в результате обработки заготовок. Для нормальной работы необходимо, чтобы поле рассеяния размеров составляло не более 0,8 поля допуска на формируемый размер детали.

В настоящее время в производстве деревянных окон широко применяют составные фрезы, обеспечивающие одновременное формирование ряда взаимосвязанных поверхностей детали за один проход заготовки. Точность взаимного расположения этих поверхностей детали полностью определяется точностью изготовления режущего инструмента.

Важнейшее условие обеспечения высокого качества выпускаемой продукции – метрологическая оснащённость производства. Предприятие должно иметь необходимые методики и средства для контроля и измерений геометрических параметров составных частей изготавляемых изделий. Измерения являются единственным источником объективной информации об изготавляемой продукции как в процессе её производства, так и в готовом виде. Однако полученная информация в действительности будет объективной только при обеспечении единства измерений, когда погрешности измерений не выходят за установленные границы с заданной вероятностью [8]. Допустимые погрешности при измерении линейных размеров установлены ГОСТ 26214–84

[9]. С учётом этих погрешностей необходимо выбирать конкретные измерительные средства для определения линейных размеров деталей и сборочных единиц в зависимости от значений допусков на их изготовление. Такими средствами могут быть измерительная металлическая линейка, измерительная металлическая рулетка, штангенциркуль с отсчётом по нониусу 0,1 или 0,05 мм, микрометр и др.

Для определения отклонений фактических значений показателей формы и расположения поверхностей деталей и сборочных единиц окон от оптимальных надо применять методы и средства, указанные в стандартах и технических условиях на изделия. В новых стандартах на оконные блоки [6, 7] соответствующие рекомендации отсутствуют.

Известно, что качество выпускаемой продукции во многом зависит от квалификации исполнителей. Для

повышения квалификации специалистов по вышеуказанным и другим вопросам, связанным с проектированием и производством деревянных окон, на факультете повышения квалификации Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии организуются краткосрочные (продолжительность обучения составляет 2–4 недели) курсы. Учебные группы формируют в зависимости от времени поступления заявок от желающих повысить свою квалификацию.

#### Список литературы

1. ГОСТ 25346–82. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. – Введ. 01.07.83.
2. ГОСТ 24642–81. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. – Введ. 01.07.83.
3. Методические указания по внедрению ГОСТ 6449.1–82 – ГОСТ 6449.5–82. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 65 с.
4. ГОСТ 6449.1–82. Изделия из древесины и древесных материалов. Поля допусков для линейных размеров и посадки. – Введ. 01.01.84.
5. ГОСТ 6449.3–82. Изделия из древесины и древесных материалов. Допуски формы и расположения поверхностей. – Введ. 01.01.84.
6. ГОСТ 23166–99. Блоки оконные. Общие технические условия. – Введ. 01.01.2001.
7. ГОСТ 24700–99. Блоки оконные деревянные со стеклопакетами. Технические условия. – Введ. 01.01.2001.
8. Закон Российской Федерации "Об обеспечении единства измерений" // Ежемесячный информ. указатель: Государственные стандарты. – 1993. – №№ 11–12. – С. 35–47.
9. ГОСТ 26214–84. Изделия из древесины и древесных материалов. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров. – Введ. 01.01.86.

УДК 674.213:69.025.351.3.002.5

## МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ЛИЦЕВОГО ПОКРЫТИЯ ЩИТОВОГО ПАРКЕТА

**A. Р. Бирман**, канд. техн. наук

Одна из наиболее распространённых композиций элементов лицевого покрытия щитового паркета характеризуется расположением паркетных планок ортогонально ориентированными квадрами (порциями, образующими квадрат). Такая композиция выгодно подчёркивает даже слабо выраженную структуру лицевой поверхности планок и позволяет использовать для устройства полов, удовлетворяющих современным эстетическим требованиям к интерьеру жилых и общественных зданий, не только древесину ценных пород, но и относительно недорогую древесину берёзы.

Однако значительная доля ручного труда при формировании лицевого покрытия щитового паркета, отсутствие отечественного оборудования для механизации этого процесса сдерживают рост соответствующего производства.

Решить задачу проведения меха-

низированного набора лицевого покрытия щитового паркета можно путём использования способа формирования квадров из подвижного ряда планок, ориентированных поперечной щёткой.

Суть способа, реализованного в поточной линии (А.с. № 1727317. Автоматическая линия для производства щитового паркета / А.Р.Бирман, Р.И.Гудцев, А.И.Ерошкин, Ю.П.Ефимов. – 1992, ДСП), – в осуществлении поперечно-го сдвига из ряда планок их порции и формировании двух ортогонально расположенных квадров путём разворота половины выделенных планок на конвейере при контакте с неподвижным упором, рабочие поверхности которого перпендикулярны направлению движения ряда планок.

Схема разворота квадра на упоре изображена на рис. 1. Для описания процесса разворота квадра обозначим половину стороны квадрата че-

рез  $a$ , расстояние от центра тяжести до вершины упора в исходном положении – через  $P_0$ . Тогда  $0 < P_0 < a$ . При  $P = a$  квадрат выходит из контакта с упором и его вращение прекращается. На рис. 1 показано положение квадрата во время его сложного движения относительно упора.

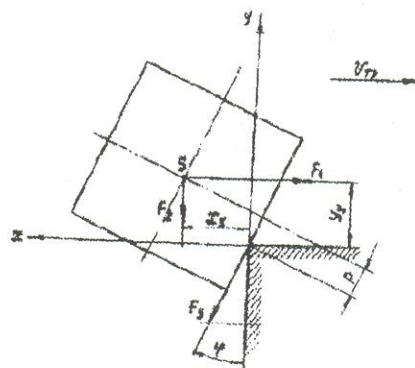
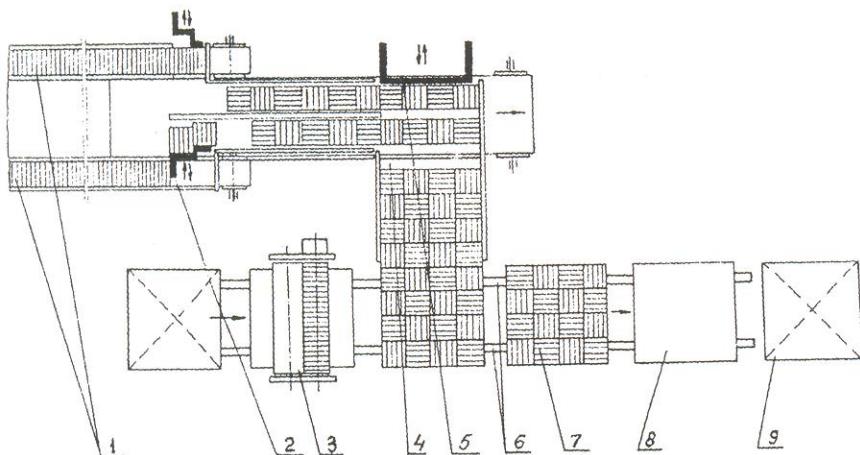


Рис. 1. Схема разворота заготовок на конвейере с помощью неподвижного упора (в плане)



**Рис. 2. Схема поточной линии по проекту 2.212.000 (в плане):**  
1, 6 – конвейеры; 2 – РПУ; 3 – клеенаносящие вальцы; 4 – перекладчик; 5 – толкатель; 7 – пакет; 8 – пресс; 9 – стопа продукции

Движение квадрата обусловлено силами трения между квадратом и лентой конвейера в направлении вдоль движения ленты  $F_1$ , поперёк движения ленты  $F_2$  и силами трения между квадратом и упором  $F_3$ .

Анализ результатов экспериментов показывает, что процесс разворота квадра начинается с чистого вращения относительно вершины упора. При достижении некоторого угла  $\varphi$  квадрат, продолжая вращение, начинает скользить относительно упора. Обобщённые координаты, однозначно определяющие положение квадрата относительно упора, –  $P$  и  $\varphi$ .

Решая уравнения движения квадрата при начальных условиях  $t = 0$ ,  $\varphi = 0$ ,  $P = P_0$ , получаем формулы  $\varphi = \varphi(t)$  и  $P = P(t)$ , по которым определяем значения углов поворота квадрата, соответствующие моменту выхода квадрата из состояния зацепления с упором. В этот момент величина  $P$  максимальна ( $P = a$ ).

Задаваясь различными значениями  $P_0$ , можно найти оптимальные значе-

ния, при которых величина угла поворота  $\varphi$  будет максимальна при определённых значениях коэффициентов трения  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ .

Анализ полученных уравнений позволяет сделать выводы, необходимые для практического конструирования устройств для набора лицевого покрытия щитового паркета. РПУ включено в состав оборудования механизированной поточной линии для изготовления как щитового паркета, так и клёвого паркета других видов (проект 2.212.000 – ЛТА) – см. рис. 2.

В технике известно явление различия в сопротивлении перемещению тела вдоль и поперёк несущей поверхности. Это же явление наблюдается при перемещении планок вдоль и поперёк ленты конвейера. Его характер определяется отношением  $\eta$  коэффициентов трения  $f_1$  и  $f_2$ . После преобразования соответствующей формулы получаем

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{f_3 + \eta}{1 + \eta f_3}. \quad (1)$$

Согласно (1) параметр, определяющий угол поворота квадрата при чистом вращении, – коэффициент трения между квадратом и упором.

Угол поворота зависит не от самих коэффициентов трения между квадратом и лентой конвейера  $f_1$ ,  $f_2$ , а от их отношения. При этом экспериментально определено:  $\eta \approx 0,025$ , и для конкретных конструкторских задач можно принять, что

$$\operatorname{tg} \varphi \approx f_3 \rightarrow \operatorname{tg} \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi_{\text{тр}} \rightarrow \varphi = \varphi_{\text{тр}}, \quad (2)$$

где  $\varphi_{\text{тр}}$  – угол трения между квадратом и упором.

Наибольший угол разворота имеют порции планок с отношением ортогональных сторон, составляющим 1 или близкую к этому числу величину, а оптимальная высота упора находится в пределах 0,3–0,4 длины планки.

На основании результатов проведённых исследований разработано распределительно-поворотное устройство (РПУ) для формирования лицевого покрытия щитового паркета. РПУ включено в состав оборудования механизированной поточной линии для изготовления как щитового паркета, так и клёвого паркета других видов (проект 2.212.000 – ЛТА) – см. рис. 2.

Использование линии при формировании лицевого покрытия щитового паркета обеспечивает исключение ручных операций на всех этапах выполнения производственного процесса и, как следствие, повышение производительности труда и качества продукции.

Поточная линия производительностью 250 тыс.м<sup>2</sup> щитового паркета в год совместно спроектирована Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академией и Львовским филиалом Ивано-Франковского ПКТИ – в рамках выполнения отраслевого государственного заказа. Годовой экономический эффект от внедрения линии в производство составляет 400 тыс.руб. (в ценах на 01.01.1991.).

## Альфа-БИБЛИОС

Предлагаем вниманию руководителей НТБ и ОНТИ

«Каталог технической и деловой литературы».

Серия «Промышленность».

(Более 1500 наименований, 8 номеров в год)

Заявки на бесплатное получение каталога принимаются по тел./факсу (095) 933-81-08, 298-06-41 или по адресу: 109240, Москва, ул. Гончарная, д. 3, стр. 1, офис 15

ИНТЕРНЕТ-сайт: [www.d-p.ru](http://www.d-p.ru)

E-mail: [book@d-p.ru](mailto:book@d-p.ru)

УДК 674.812.001.5

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

**В.В. Сергеевичев**, д-р техн. наук

Один из наиболее перспективных путей сокращения продолжительности процессов производства клеёных материалов (особенно листовых) и изделий (особенно погонажных и специальных) на основе древесины и полимеров – переход на непрерывные способы их изготовления.

Наиболее узкое место технологий, реализующих непрерывные способы изготовления названной продукции, – прессовое оборудование. Области применения прессов непрерывного действия определяются технологическими особенностями операции пьезотермообработки изготавляемых материалов и физико-механическими свойствами исходного сырья. В настоящее время известны следующие основные типы прессов непрерывного действия, различающиеся по конструкции: вальцовые, ленточно-вальцовые, роторные, гусеничные. Конструкция прессов и определяет основные принципы проектирования и оптимизации этого оборудования.

Основные требования, которые должны быть учтены при проектировании промышленных образцов прессового оборудования, сводятся к следующему:

1. Необходимо обеспечить возможность проведения непрерывного

процесса. Повышение качества выпускаемых изделий и производительности труда достигается при этом вследствие снижения капитально- и трудозатрат, технологических энергозатрат и мощности установок, а следовательно, себестоимости продукции. Пьезотермообработка материала осуществляется методом его прокатки в движущихся бесконечных стальных лентах между вальцами или вальцами и барабаном значительного диаметра. Толщина изделия регулируется зазором между прессующими органами.

2. Должны быть обеспечены возможность конструктивной регламентации зон уплотнения обрабатываемого материала и возможность получения изделия с точно заданными размерами. Зоны определяют эмпирически – с учётом свойств композиционного материала, подвергаемого пьезотермообработке, и скорости его продвижения в рабочей зоне.

3. Давление на материал осуществляется через основной конструктивный элемент прессового оборудования – бесконечную стальную ленту. Она обуславливает снижение уровня пульсаций давления и препятствует поперечному разрушению материала между вальцами. В связи с этим исследование взаимодействия

вия ленты и обрабатываемого материала имеет важное значение для оптимизации технологии и улучшения качества продукции.

4. Свойства древесных материалов, а следовательно, показатели их контакта с прессующими звеньями машины и характер взаимодействия бесконечной стальной ленты и обрабатываемого материала значительно изменяются в процессе их пьезотермообработки. Оптимальный диаметр и оптимальный шаг вальцов зависит от угла контакта и степени уплотнения обрабатываемого материала. Уравнения, описывающие взаимодействие ленты и обрабатываемого материала, позволяют определить величину давления в межвальцовой зоне (Сергеевичев В.В. Формирование клеёных древесных материалов в прессах непрерывного действия. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб: ГЛТА, 2002. – 38 с.).

5. Взаимодействие и соединение рабочих звеньев машины должны обеспечивать необходимое уплотнение, нужное давление и получение изделия заданного профиля. Причём должна быть обеспечена возможность регулирования – в технологически необходимых пределах – величин всех параметров названного взаимодействия.

## ПО СТРАНИЦАМ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖУРНАЛОВ

**Организационные структуры управления, их формирование и методы проектирования / Л.Н. Казновская // Лесной экономический вестник. – М.: НИПИЭИлеспром. – 2002. – № 1. – С. 28–30.**

В статье рассмотрен вопрос формирования организационных структур управления в новых экономических условиях. Такая структура характеризуется системой целей и их распределением между различными звенями.

В наборе показателей эффективности упомянутых организационных структур особенно значим показатель экономичности аппарата управления.

Процесс реорганизации структуры управления состоит из следующих стадий: определения основных характеристик органа управления; разработки перечня базовых подразделений и связей между ними; регла-

ментации, предусматривающей разработку количественных характеристик аппарата управления и процедур управлеченческой деятельности.

Проектирование организационных структур управления осуществляют с использованием следующих взаимодополняющих методов: структуризации набора целей, организационного моделирования, аналогий, эксперто-аналитического.

УДК 674:621.547.001.76

# ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ

В. Е. Воскресенский, д-р техн. наук

Технический уровень рециркуляционных рукавных фильтров (РРФ) во многом определяет эффективность аспирационных пневмотранспортных установок с рециркуляцией воздуха в цехе (АСПТУ РВ). Их применение вместо циклонов (осуществляющих выброс отработанного воздуха в атмосферу) обусловливает значительное снижение выброса пыли и теплопотерь в цехах в холодный период года. Большинство РРФ, применяемых сейчас в АСПТУ РВ деревообрабатывающих предприятий России, характеризуются следующим: у них одна ступень очистки загрязнённого воздуха, односекционное исполнение с креплением рукавов на трубной решётке внутри корпуса фильтра, регенерация рабочей ткани фильтра осуществляется путём механического встряхивания его рукавов, эти фильтры работают в режиме "под давлением". При одной ступени очистки воздуха в фильтровальных рукавах коэффициент очистки воздуха  $\eta$  сравнительно низок (0,999), а коэффициент выброса пыли в цехе  $\varepsilon$  довольно высок (0,001, так как  $\varepsilon = 1 - \eta$ ). Это не позволяет при очистке воздуха с начальной концентрацией пыли в нём  $C = 1800 \text{ мг}/\text{м}^3$  ( $1/\delta/\varepsilon$ , где  $1,8$  – максимально допустимая величина концентрации пыли в воздухе в рециркуляционном воздухопроводе,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ) и более уменьшить – без нарушения санитарных норм [1] – производительность систем приточной  $L_{\text{пр}}$  и общеобменной вытяжной  $L_{\text{выт}}$  вентиляции до минимально допустимого значения, равного одной десятой суммарной производительности вентиляторов АСПТУ РВ в цехе  $L_{\text{ACΣ}}$ .

Таким образом, одна ступень очистки загрязнённого воздуха в фильтре не позволяет очищать воздух цехов белого шлифования и шлифования фанеры с начальной концентрацией древесной шлифовальной пыли  $3000 \text{ мг}/\text{м}^3$  – при экономически приемлемых затратах теплоэнергии на нагрев подаваемого в них приточно-

го воздуха в холодный период года.

При отыскании в описанном РРФ неисправного рукава и его замене необходимо останавливать вентилятор фильтра и подключённое к фильтру деревообрабатывающее оборудование, что приводит к снижению полезного эффекта от использования фильтра. Такая конструкция фильтра вызывает также большие эксплуатационные затраты: приходится демонтировать некоторую часть рукавов, для того чтобы обеспечить доступ – через инспекционную дверь корпуса – к креплениям неисправного рукава.

Для осуществления регенерации рабочей ткани фильтра путём механического встряхивания его рукавов также требуется выключить вентилятор фильтра и установить подключённое к фильтру деревообрабатывающее оборудование. Режим работы фильтров "под давлением" предусматривает установку перед фильтрами пылевых вентиляторов. Однако в вентиляторах, установленных в АСПТУ РВ перед фильтрами, образуются искры, что обуславливает повышение пожароопасности фильтров при их работе со взрывоопасной древесной шлифовальной пылью. Поэтому в отношении очистки воздуха от древесной шлифовальной пыли работа фильтров в режиме "под давлением" недопустима.

Таким образом, РРФ типа УВП-СЦ ОАО "Консар" [2], имеющие одну ступень очистки воздуха и режим работы "под давлением", не пригодны для очистки воздуха от древесной шлифовальной пыли.

Для осуществления регенерации рабочей ткани фильтра фирмы "Спейс-мотор-ФЕ" (такие фильтры установлены в ОАО "Усть-Ижорский фанерный комбинат") путём импульсной продувки фильтровальных рукавов требуется использовать дорогостоящую станцию подготовки сжатого воздуха до 10-го класса по ГОСТ 17433–80. В противном случае на поверхности фильтровальных

рукавов выпадает конденсат, увлажняющий фильтровальную ткань и способствующий налипанию на ней пыли, – т.е. постепенно будет ухудшаться качество регенерированной ткани, увеличиваться сопротивление фильтра и расход энергии на очистку, уменьшаться эффект от использования фильтра.

Предлагаемая нами конструкция 6-секционного рукавного фильтра с тремя ступенями очистки воздуха в одном корпусе [3] не имеет вышеперечисленных недостатков. Увеличение числа ступеней очистки в фильтре необходимо для обеспечения возможности эффективно обеспыливать воздух с повышенной начальной концентрацией древесной шлифовальной пыли ( $3000 \text{ мг}/\text{м}^3$ ) – при экономически приемлемых затратах теплоэнергии на нагрев приточного воздуха.

Регенерация рабочей ткани фильтра осуществляется путём обратной по секционной продувки его рукавов очищенным воздухом – этот способ регенерации успешно применяют в других отраслях промышленности [4] при работе фильтров на открытых площадках.

Значительно повышенная величина  $\eta$  предлагаемого фильтра обусловлена наличием в нём трёх ступеней очистки воздуха в одном корпусе: жалюзийной решётки с  $\eta_1 = 0,5$ , фильтровальных рукавов с  $\eta_2 = 0,999$ , воздушного ячейкового фильтра типа ФЯК с  $\eta_3 = 0,92$ . При трёх ступенях очистки  $\varepsilon = (1 - \eta_1)(1 - \eta_2)(1 - \eta_3)$ , так что в данном случае  $\varepsilon$  составляет 0,00004 (0,5·0,001·0,08), а  $\eta = 0,99996$ .

Поскольку величина  $\varepsilon$  предлагаемого фильтра в 25 раз меньше, чем при одной ступени очистки ( $0,001/0,00004 = 25$ ), – можно уменьшить  $L_{\text{пр}}$  и  $L_{\text{выт}}$  до  $0,1 L_{\text{ACΣ}}$ . При этом экономия в денежных средствах – при использовании предлагаемых фильтров вместо циклонов (выбрасывающих отработанный воздух в атмосферу) – составляет:

- на нагрев приточного воздуха в холодный период года – 90%;
- на обеспечение организованной круглогодичной подачи приточного воздуха в цех – 90%.

Применение фильтров с тремя ступенями очистки воздуха вместо фильтров с одной ступенью очистки – в цехе с  $L_{AC\zeta} = 100000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $C = 1800 \text{ мг}/\text{м}^3$  – позволяет получить годовую экономию тепловой энергии, расходуемой на нагрев приточного воздуха, в размере [3]:

678 Гкал для Красноярского края (г. Ачинск);

568 Гкал для Нижнего Новгорода; 385 Гкал для Ростова-на-Дону.

Предлагаемый фильтр с тремя ступенями очистки воздуха в 50 раз лучше циклона УЦ-38 по величине  $\varepsilon$ .

Во время отыскания неисправных рукавов в фильтре и проведения их замены исправными фильтр и стаканное оборудование не простибают [3]: обеспечена возможность отключения каждой из 6 рукавных секций от коллекторов загрязнённого, очищенного и продувочного воздуха; фильтровальные рукава закреплены открытыми концами на патрубках трубных решёток, расположенных в клапанных коробках рукавных секций, снабжённых инспекционными люками. Всё это позволяет осуществлять замену неисправных рукавов исправными без проникновения в отключённую рукавную секцию и выключения основного вентилятора фильтра (т.е. секции фильтра с исправными рукавами продолжают действовать).

Повышенная долговечность фильтровальных рукавов обеспечена [3] путём применения – в качестве первой ступени – жалюзийной решётки (наклонно установленной в бункерной части каждой пылеулавливающей камеры), которая защищает фильтровальные рукава от попадания на их поверхность древесной стружки и уменьшает износ ткани рукавов.

Повышенная долговечность технологического вентилятора фильтра обеспечена путём принятия для фильтра режима работы под "разрежением" – это позволяет установить технологический вентилятор за фильтром и тем самым исключить взаимодействие стружки с лопастями рабочего колеса вентилятора, а следовательно, и их износ.

Повышенная надёжность фильтра и оборудования для выгрузки из не-

го механических примесей обусловлена тем, что при их создании применены следующие технические решения [3]:

1. Регенерация рабочей ткани фильтра путём обратной по секционной продувки его рукавов осуществляется с помощью продувочного вентилятора, который обеспечивает высокое качество регенерированной ткани при любой величине разрежения в бункере фильтра.

2. Для выгрузки из фильтра уловленных механических примесей (стружки, опилок, пыли) в нём вместе шнека установлено коническицилиндрическое разгрузочное устройство, исключающее возможность запрессовки стружки перед шлюзовым разгрузчиком.

3. Шлюзовые разгрузчики к фильтрам установлены на трубопроводах замкнутой пневмотранспортной установки в шахматном порядке, что обеспечивает повышенную длину участков разгона механических примесей и исключает возможность засорения трубопроводов.

Для уменьшения утечки теплоты через корпус предлагаемый фильтр выполнен не с боковыми, как в фильтре ФРО [4], а с верхними инспекционными люками; фильтры устанавливаются рядом друг с другом так, что боковые стенки их корпусов соприкасаются [3]; кроме того, установленная над инспекционными люками фильтров камера обслуживания герметична, что позволяет уменьшить подсос наружного холодного воздуха и снизить теплопотери при фильтрации воздуха.

Каждая рукавная секция фильтра снабжена датчиком перепада давления для обнаружения секции с неисправным рукавом, что позволяет значительно сократить трудозатраты на обнаружение последнего.

Пневмоцилиндры для управления клапанами рукавных секций заменены единым электромеханическим приводом кулачкового вала, что обуславливает уменьшение объёма ремонтных работ.

В результате выполнения работы по определению оптимальной конструкции РРФ он имеет:

- 6 рукавных секций, оборудованных каркасными рукавами диаметром 300 мм, длиной 4,2 м;
- 36 рукавов (по 6 рукавов в каждой секции);

- технологический вентилятор ВР 132-30-8.2-01 ( $L_b = 12000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,

$H_b = 5700 \text{ Па}, N_{эл/дв} = 30 \text{ кВт}$ );

- продувочный вентилятор ВРС 35/20-1.1 ( $L_b = 2000 \text{ м}^3/\text{ч}, H_b = 2200 \text{ Па}, N_{эл/дв} = 4 \text{ кВт}$ );

- электромеханический привод кулачкового вала (содержащий электродвигатель мощностью 0,55 кВт и червячный редуктор Ч2-160,  $i = 2704$ );

- электропривод разгрузчика (мотор-редуктор МЦ 2С-100-28ЦУЗ,  $N_{эл/дв} = 1,5 \text{ кВт}$ );

- шлюзовый питатель Ш1-30 РВУ-0,1 ( $N_{эл/дв} = 1,1 \text{ кВт}$ );

- фильтровальную ткань площадью 170  $\text{m}^2$ .

Основные показатели технического уровня РРФ:  $\eta = 0,99996$ ;  $\varepsilon = 0,00004$ ; расчётная величина гидравлического сопротивления фильтра в режиме регенерации – 2190 Па; продолжительность выполнения операции регенерации фильтровальной ткани одной рукавной секции составляет 10 с; габарит в плане – 2250×2700 мм; высота с камерой обслуживания – 8 м.

Фильтры разгружаются в замкнутую (т.е. работающую без выброса пыли в атмосферу) ПТУ централизованного сбора отходов, имеющую вентилятор с электродвигателем мощностью 5 кВт.

## Выводы

Предлагаемый РРФ с тремя ступенями очистки характеризуется следующим. Его конструкция такова, что при отыскании неисправных рукавов и осуществлении их замены исправными фильтр и деревообрабатывающее оборудование не простибают, а трудозатраты на обслуживание фильтра и затраты денежных средств на обеспечение подачи приточного воздуха относительно малы. По величине  $\varepsilon$  фильтр в 50 раз лучше циклона УЦ-38 и в 25 раз лучше РРФ типа УВП-СЦ, имеющего всего одну ступень очистки воздуха. Использование предлагаемого РРФ вместо фильтра УВП-СЦ позволяет значительно уменьшить производительность камеры приточной вентиляции и, следовательно, затраты тепловой энергии на нагрев – в холодный период года – подаваемого в цехи приточного воздуха.

## Список литературы

1. Строительные нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционирование. СНиП 2.04.05-91. – М., 1998. – 71 с.

2. Новости деревообработки. – 2002. – № 3 (15), март.

3. Пат. 2173207 РФ. Фильтр рукавный для очистки воздуха от механических примесей / В.Е.Воскресенский, С.Н.Автаев. – Опубл. 10.09.2001. Бюл. № 25.

4. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.Н., Решидов И.К. Очистка про-

мышленных газов от пыли. – М.: Химия, 1981. – 392 с.

5. Воскресенский В.Е., Автаев С.Н. Концепция экономически направленного конструирования рециркуляционного рукавного фильтра // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб: СПбГЛТА, 2002. – С. 49–53.

6. Воскресенский В.Е., Автаев С.Н. Об экономической целесообразности увеличения числа ступеней очистки воздуха в фильтрах аспирационных пневмотранспортных систем с рециркуляцией воздуха // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб: СПбГЛТА, 1999. – С. 51–59.

УДК 684.4.059.3.001.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ АДГЕЗИИ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ К ДРЕВЕСНЫМ ПОДЛОЖКАМ

**Ю.И. Цой**, д-р техн. наук

Обеспечение возможности управления адгезией при формировании лакокрасочных покрытий – одна из важнейших задач физикохимии в технологии отделки древесины. Есть различные мнения о характере зависимости прочности адгезии лакокрасочного покрытия к подложке от свойств последней. Например, некоторые считают, что прочность адгезии полиэфирного покрытия к подложкам из древесины различных пород зависит от химических свойств древесины [1]. Установлено также [2], что при оценке прочности адгезии покрытия кроме равновесной работы адгезии, её адсорбционной составляющей и краевого угла смачивания необходимо учитывать и другие составляющие, поскольку механизм взаимодействия адгезива с поверхностью субстрата включает в себя адсорбционные, химические и механические процессы, происходящие в системе субстрат – адгезив.

На наш взгляд, ранее обнаруженные корреляции между прочностью адгезии, поверхностным натяжением и химическими свойствами подложки носят условный характер. Критическое поверхностное натяжение (по Зисману) не может служить объективным показателем поверхностной энергии твёрдых тел. Оно зависит от природы тестовых жидкостей и не учитывает межфазного поверхностного натяжения на границе твёрдое тело – жидкость, которым нельзя пренебречь при рассмотрении полимерных систем. Адгезия жидкого лакокрасочного материала к поверхности подложки обусловлена межмолекулярным взаимодействием различного вида (дисперсионным, водородным, химическим и др.).

В последнее время понятие "критическое поверхностное натяжение" было расширено. Предложено поверхностную энергию твёрдого тела  $\sigma_t$  определять как сумму двух её составляющих – дисперсионной  $\sigma_t^d$  и полярной  $\sigma_t^p$  [3]:

$$\sigma_t = \sigma_t^d + \sigma_t^p.$$

Нами установлено, что фактор обработки поверхности подложки функциональными группами или активизиру-

ющими ионами поверхностно-активного вещества (ПАВ) влияет на одну или на обе составляющие  $\sigma_t$ . При проведении соответствующих экспериментов подложку из стекла обрабатывали ПАВ разной концентрации и – для сравнения – водой, после чего на неё наносили эпоксидную смолу. Термодинамическая работа адгезии эпоксидной смолы и прочность адгезии покрытия к такой подложке зависят от концентрации раствора ПАВ, использованного при обработке подложки. Результаты эксперимента приведены ниже.

Поверхностная энергия, мДж/м<sup>2</sup>, стекла, обработанного  $\gamma$ -метакрилосипропилтрииметоксиланом

(АГМ-9) концентрацией, %:

|           | $\sigma_t^d$ | $\sigma_t^p$ |
|-----------|--------------|--------------|
| 0,2 ..... | 13,0         | 28,1         |
| 1,0 ..... | 8,5          | 33,6         |
| 2,5 ..... | 8,7          | 32,2         |

Поверхностная энергия, мДж/м<sup>2</sup>, стекла, обработанного  $\gamma$ -аминопропилтриэтоксисиланом

(АГМ-9) концентрацией, %:

|           | $\sigma_t^d$ | $\sigma_t^p$ |
|-----------|--------------|--------------|
| 0,2 ..... | 13,5         | 16,0         |
| 0,5 ..... | 10,8         | 23,8         |
| 1,0 ..... | 13,0         | 23,2         |
| 2,5 ..... | 9,6          | 34,5         |

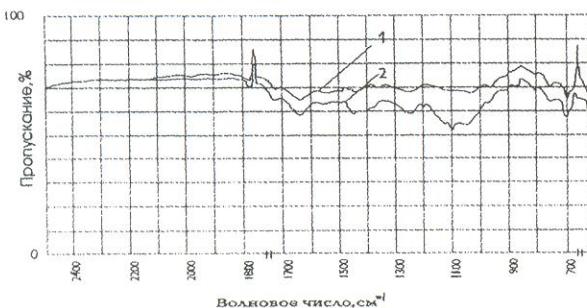
Поверхностная энергия, мДж/м<sup>2</sup>, стекла, обработанного водой (рН = 3,5) .....

22,6

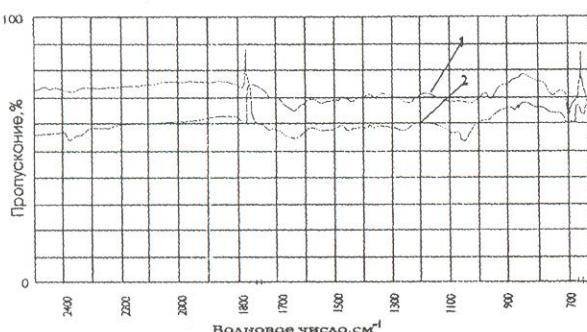


Рис. 1. Графики зависимости краевого угла смачивания от поверхностного натяжения при разной степени обработки поверхности подложки из древесины красного дерева:

1 – без обработки; 2 – обработанная грунтом без ПАВ; 3 – обработанная грунтом с добавлением ПАВ (АГМ-9)



**Рис. 2. ИК-спектры поглощения водно-дисперсионного лака на разнотипных подложках:**  
1 – стекло; 2 – древесина красного дерева



**Рис. 3. ИК-спектры поглощения водно-дисперсионного лака на разнотипных подложках:**  
1 – стекло; 2 – древесина сосны

Аналогичные исследования выполнили и с применением водно-дисперсионных полимеров.

Для определения работы адгезии использовали водно-дисперсионный лак на основе стиролакрилатного латекса и различным образом обработанные подложки из древесины красного дерева: без обработки поверхности; обработанную грунтом без ПАВ; обработанную грунтом с добавлением ПАВ (3%-ный раствор АГМ-9). Полученные значения работы адгезии, мДж/м<sup>2</sup>, – соответственно 96; 121; 131; при этом краевой угол смачивания зависел от варьируемых факторов (рис. 1).

Структуру водно-дисперсионного лакокрасочного покрытия, сформированного на подложках из древесины красного дерева (рис. 2), сосны (рис. 3) и – для сравне-

ния – на стекле, изучали с использованием спектрофотометра.

Анализ спектра поглощения водно-дисперсионного лака на подложке из древесины красного дерева показывает, что величина коэффициента пропускания меньше при следующих волновых числах (волновое число равно  $1/\lambda$ , где  $\lambda$  – длина волн излучения), см<sup>-1</sup>: 1100; 1250 – это свидетельствует о наличии простых эфирных связей  $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$  (алифатические и циклические группы) и  $=\text{C}-\text{O}-\text{C}-$  (ароматические и винильные группы); 1380 – это обусловлено колебаниями метильной группы  $-\text{CH}_3$ ; 1420 – это обусловлено плоскими деформационными колебаниями  $\text{O}-\text{H}$  и валентными колебаниями  $\text{C}-\text{O}$  димеров.

Анализ спектра поглощения отверждённого водно-дисперсионного лака на подложке из древесины сосны показывает, что величина коэффициента пропускания значительно меньше при следующих волновых числах: 1040 – это обусловлено колебаниями связей  $\text{C}=\text{C}$  в кольце тиофена; 980 – это обусловлено плоскими деформационными колебаниями; 2380 – это свидетельствует о наличии ненасыщенных аминов  $\text{C}=\text{N}-\text{H}$ ; 700 и 770 – это обусловлено неплоскими деформационными колебаниями, присущими, в частности, ароматическим соединениям.

Выполненные спектрофотометрические исследования позволяют заключить: при формировании лакокрасочного покрытия из водно-дисперсионного лака на древесной подложке протекают значимые для прочности адгезии процессы, обусловленные физическим и химическим взаимодействием адгезива с субстратом. Это подтверждает наше предположение о том, что в данном случае адгезия представляет собой сложное физико-химическое явление, связанное с адсорбцией, реологическими и химическими процессами.

#### Список литературы

1. Зотов А.А. Исследование влияния свойств поверхности древесных подложек на адгезию к ним защитно-декоративных покрытий: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МЛТИ, 1981. – 23 с.
2. Зимон А.Д., Витовтова Г.Г. Адгезия покрытий на основе фторолонового лака Ф-42 // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1982. – № 3. – С. 13–15.
3. Кинлок Э. Адгезия и адгезивы. Наука и технология. – М.: Мир, 1991. – 484 с.

## ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Напоминаем, что подписная кампания проводится 2 раза в год (по полугодию).

В розничную продажу наш 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.

Кроме того, по вопросам подписки читатели могут обращаться в редакцию журнала "Деревообрабатывающая промышленность" по адресу: 117303, Москва, ул. Малая Юшуньская, дом. 1 (ГК "Берлин"), оф. 1709 (телефон: (095) 319-8230).

Редакция

УДК 684.4.059.3.004.12

# СВОЙСТВА ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПИГМЕНТАМИ

**В. И. Онегин, Ю. И. Цой,** д-ра техн. наук

При формировании лакокрасочных покрытий на поверхности древесины определяющими являются реологические свойства лакокрасочных материалов (ЛКМ), обладающих определённой вязкостью. От них зависят: розлив ЛКМ, количество образованных натёков, пузьрей, кратеров, равномерность покрытия и др. [1]. В данной статье приведены результаты исследований по изучению влияния добавки металлических пигментов в ЛКМ на их технологические свойства (вязкость, смачивающую способность, поверхностное натяжение, укрывистость).

Вязкость – основная реологическая характеристика жидких и коллоидных сред, поэтому и метод составления рецептур пигментированных систем основан на измерении вязкости при наполнении плёнкообразователя пигментом.

Способность ЛКМ смачивать подложку определяют по величине краевого угла смачивания. Смачиваемость является необходимым, но не единственным условием адгезии и формирования качественного лакокрасочного покрытия. Дисперсность пигмента влияет на укрывистость ЛКМ: чем меньше размеры частиц, тем лучше укрывистость (до определённого предела). При достижении частицами пигмента размера, равного половине длины световой волны ( $\approx 0,25$  мкм), они не вызывают рассеивания света, поэтому укрывистость начинает снижаться [2].

Критерий оценки пигментоёмкости ЛКМ – вязкость, нарастающая в процессе наполнения его пигментом. Количество пигмента, введённого в ЛКМ, при котором вязкость системы резко возрастает, называют критической объёмной концентрацией пигмента (рис. 1).

Анализ результатов пигментирования ЛКМ (водно-дисперсионного лака) пигментами (металлическими порошками) показывает, что введение

последних в плёнкообразователь при концентрации до 20% незначительно изменяет вязкость ЛКМ (системы). Добавка пигментов дисперсностью 15, 30, 45 мкм повышает вязкость с 22 до 30, 26, 24 с соответственно. При этом чем больше дисперсность пигмента, тем медленнее увеличивается вязкость системы. Введение пигментов концентрацией более 20% способствует резкому нарастанию вязкости, что позволяет сделать вывод о величине критической объёмной концентрации.

Авторы исследовали влияние пигментной пасты (металлический порошок, обработанный ПАВ группы полиметилсилоксанов) на способность ЛКМ растекаться по поверхности древесной подложки (рис. 2). О смачиваемости судили по краевому углу. Известно, оптимальное зна-

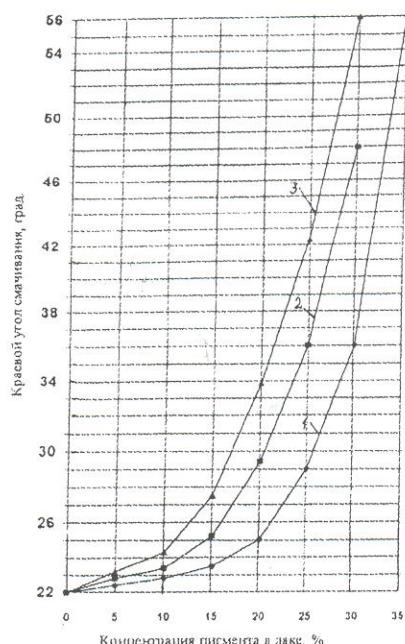


Рис. 2. Кривые зависимости краевого угла смачивания ЛКМ от массового содержания (концентрации) в нём пигмента при различной дисперсности пигмента (мкм): 1 – 15; 2 – 30; 3 – 45

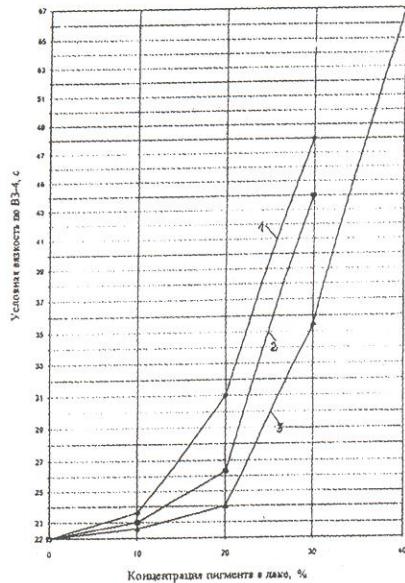


Рис. 1. Кривые зависимости условной вязкости ЛКМ от массового содержания (концентрации) в нём пигмента при различной дисперсности пигмента (мкм): 1 – 15; 2 – 30; 3 – 45

чение краевого угла смачивания ЛКМ находится в пределах от 20 до 35 град.

Анализ результатов показывает, что при введении пигмента концентрацией от 0 до 20% краевой угол смачивания изменяется от 22 до 34 град. Дальнейшее повышение концентрации пигментной пасты в ЛКМ способствует резкому возрастанию краевого угла смачивания и практическому несмачиванию поверхности древесной подложки. Пигменты, размеры частиц которых составляют 30 и 45 мкм (по сравнению с пигментами, у которых размер частиц 15 мкм) не столь резко влияют на увеличение угла смачивания. Это явление объясняется тем, что в определённом объёме ЛКМ частиц

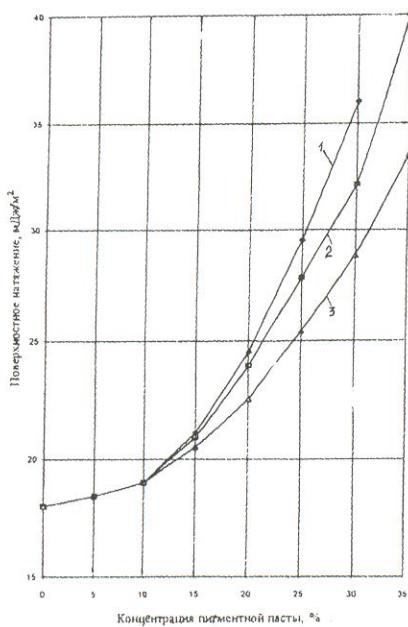


Рис. 3. Кривые зависимости поверхностного натяжения ЛКМ от массового содержания (концентрации) в нём пигмента при различной дисперсности пигмента (мкм): 1 – 15; 2 – 30; 3 – 45

небольшого размера (15 мкм) содержитя больше, что способствует увеличению площади смачивания и резкому возрастанию величины краевого угла. Установлено, что ПАВ, осаждённое на поверхности частиц пигмента, не оказывает существенного влияния на смачивающую способность пигментированного ЛКМ.

О способности ЛКМ формировать качественное защитно-декоративное покрытие на древесине можно судить по величине поверхностного натяжения. Водно-дисперсионные ЛКМ по своей природе имеют повышенное поверхностное натяжение, поэтому при введении в них пигментной пасты важно определить границы его резкого роста (рис. 3).

Анализ результатов исследований показывает, что ПАВ, находящееся на поверхности частиц пигмента, – при добавлении последнего концентрацией от 0 до 20% – незначительно повышает поверхностное натяжение. При дальнейшем повышении концентрации пигмента оно резко (до 66 мДж/м<sup>2</sup>) возрастает. Дисперсность

пигмента также оказывает незначительное влияние на поверхностное натяжение. Таким образом, для всех систем ЛКМ с пигментами разной дисперсности допустимой концентрацией пигментной пасты можно считать 0–20%, когда величина поверхностного натяжения увеличивается с 18 до 24 мДж/м<sup>2</sup>. ЛКМ с большим массовым содержанием пигмента применять нецелесообразно, так как затрудняется растекание лака.

Наполнение ЛКМ пигментами производят с целью получения укрывистой краски. Металлические пигменты обладают хорошей кроющей способностью, однако, как и у всех пигментов, эта характеристика зависит от размера частиц и массового содержания пигмента в ЛКМ (рис. 4).

Анализ результатов исследований показывает, что дисперсность частиц пигмента оказывает существенное влияние на укрывающую способность ЛКМ (акрилового водно-дисперсионного лака). При одинаковой концентрации пигментов 30% укрывистость краски с пигментом дисперсностью 15 мкм составляет 50 г/м<sup>2</sup>, а с пигментом дисперсностью 45 мкм – 70 г/м<sup>2</sup>. С увеличением концентрации пигмента в ЛКМ его укрывающая способность возрастает. Замечено, что при введении пигмента дисперсностью 15 мкм укрывистость краски нарастает быстрее, чем с пигментом дисперсностью 45 мкм. Однако это сопряжено с появлением металлического эффекта покрытия.

### Выводы

1. Введение пигментной пасты в ЛКМ способствует изменению реологических, технологических, экономических показателей лаковой композиции (вода; полимерный плёнкообразователь; пигмент, обработанный ПАВ).

2. Выявлен довольно узкий диапазон варьирования концентрации пигмента, в котором реологические свойства (условная вязкость, поверхностное натяжение, краевой угол смачивания) ЛКМ изменяются незначительно, что делает возможным его нанесение традиционными способами с целью формирования

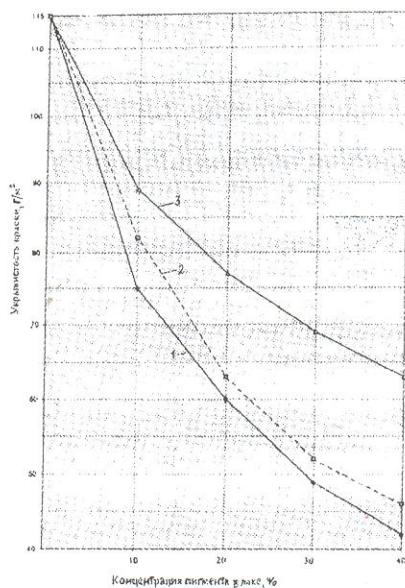


Рис. 4. Кривые зависимости укрывистости краски от массового содержания (концентрации) в ней пигмента при различной дисперсности пигмента(мкм): 1 – 15; 2 – 30; 3 – 45

высококачественного покрытия.

3. Установлено, что дисперсность пигмента не столь значительно изменяет исследуемые свойства, как его концентрация; поэтому ограничений по применению пигмента той или иной дисперсности не выявлено.

4. Для получения удовлетворительной (от 115 до 50 г/м<sup>2</sup>) укрывистости целесообразное массовое содержание пигмента в ЛКМ должно составлять – в зависимости от его свойств – до 30%.

5. Оптимальный диапазон варьирования массового содержания пигментной пасты в ЛКМ – от 5 до 20%, при этом содержание нелетучей части в пигментной пасте увеличивается с 25 до 36%.

### Список литературы

- Лакокрасочные материалы и покрытия. Теория и практика / Под ред. Р.Ламбрана. – СПб: Химия, 1991. – 512 с.
- Шуркова С.Н. Формирование защитно-декоративных лакокрасочных покрытий с перламутровым эффектом на изделиях из древесины: Автореф. дис. канд. техн. наук. – СПб: СПБГЛТА, 1994.

УДК 674.093.26.001.5

# СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ЖИДКИМ АДГЕЗИВОМ

**А.Н. Чубинский, д-р техн. наук, Б.В. Ермолаев, Л.М. Сосна, Е.Н. Кандакова, кандидаты техн. наук, И.В. Коваленко**

Молекулярно-адсорбционная теория рассматривает адгезию как поверхностный процесс. В результате сил притяжения между поверхностными атомами и молекулами образуется прочная связь соединяемых веществ. Согласно этой теории, чем больше площадь контакта адгезива (клеящего вещества) и субстрата (подложки), тем выше прочность kleевого соединения – при условии смачивания им древесины. Известно, что древесину хорошо смачивают только те жидкости, у которых поверхностное натяжение меньше, чем у самой древесины.

Смачивание – важный момент для качественного склеивания, способствующий увеличению площади контакта взаимодействующих kleяющего вещества и подложки в результате адсорбции. При склеивании древесины традиционными для деревообработки kleями, на наш взгляд, наблюдается как физическая, так и химическая адсорбция.

На кафедре технологии деревообрабатывающих производств в течение ряда лет проводили исследования – в рамках программы "Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники" – по теме "Физико-химические основы взаимодействия древесных материалов с адгезивами".

Для исследований использовали берёзовый, осиновый и сосновый лущёный шпон, заготовки из цельной древесины сосны, а также берёзовый и осиновый шпон, пропитанный огнезащитным составом на основе полифосфатов аммония. В качестве kleяющего вещества применяли фенолоформальдегидные смолы СФЖ-3013 и СФЖ-3014; для ускорения процесса их отверждения вводили наполнители: кремнезёмные дисперсные порошки – в СФЖ-3013 [1], полифосфаты аммония [2, 3] и цеолитсодержащие породы [4, 5] – в СФЖ-3014. Исследовали по разработанным методикам [6, 7].

Таблица 1

| Порода и качество поверхности древесины                 | Термодинамические показатели подложек   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
|   | Формула зависимости $\cos \theta$ от $\sigma_{жг}$ , МН/м                       | Критическое поверхностное натяжение $\sigma_{кр}$ , МН/м | Работа адгезии $W_a$ , мДж/м <sup>2</sup> | Поверхностное натяжение $\sigma_{жг}$ , МН/м |
| Берёзовый шпон:<br>без ложного ядра                     | $\cos\theta = 3,01 - 0,05\sigma_{жг}/$<br>$\cos\theta = 2,98 - 0,05\sigma_{жг}$ | 41,5<br>41,2   | 83,1<br>82,5                              | 62,2<br>61,9                                 |
| с ложным ядром  | $\cos\theta = 3,13 - 0,05\sigma_{жг}/$<br>$\cos\theta = 3,99 - 0,06\sigma_{жг}$ | 44,5<br>46,5   | 84,5<br>96,8                              | 65,3<br>62,0                                 |
| антипрированный   | $\cos\theta = 3,01 - 0,04\sigma_{жг}$   | 45,2   | 90,4                                      | 67,6   |
| Осиновый шпон:<br>без обработки                         | $\cos\theta = 3,81 - 0,06\sigma_{жг}/$<br>$\cos\theta = 3,56 - 0,06\sigma_{жг}$ | 43,9<br>44,7   | 94,6<br>90,7                              | 39,3<br>39,8                                 |
| антипрированный   | $\cos\theta = 3,24 - 0,06\sigma_{жг}/$<br>$\cos\theta = 3,74 - 0,05\sigma_{жг}$ | 54,9<br>53,3   | 116,3<br>109,2                            | 44,4<br>46,1                                 |
| Сосновый шпон без обработки                             | $\cos\theta = 3,66 - 0,05\sigma_{жг}/$<br>$\cos\theta = 3,49 - 0,05\sigma_{жг}$ | 47,6<br>49,4   | 88,3<br>89,4                              | 57,6<br>58,3                                 |
| Сосновая цельная древесина без обработки:<br>радиальная | $\cos\theta = 2,86 - 0,037\sigma_{жг}$  | 49,8   | 99,8                                      | 51,6   |
| полурадиальная  | $\cos\theta = 2,87 - 0,037\sigma_{жг}$  | 50,0   | 100,1                                     | 51,7   |
| тangенциальная  | $\cos\theta = 1,60 - 0,012\sigma_{жг}$  | 51,6   | –   | –  |

Примечание. В числителе приведены данные для лицевой стороны подложки, в знаменателе – для обратной стороны.

Путём выполнения соответствующих экспериментов определили термодинамические свойства подложек из древесины разных пород (табл. 1) и физико-химические свойства фенолоформальдегидных kleёв с различными реакционноспособными наполнителями (табл. 2).

Результаты выполненных исследований и анализ состояния вопроса позволили установить, что на смачиваемость древесины жидкими адгезивами оказывают влияние следующие факторы: физико-химические показатели адгезива (химическая природа, условия изготовления и свойства – вязкость, концентрация,

pH, щёлочность и др.); показатели подложки (порода древесины, её состояние перед склеиванием – влажность, шероховатость поверхности и др.); состояние окружающей среды (температура, относительная влажность).

Установлено, что критическое поверхностное натяжение у древесины берёзы, осины и сосны (без обработки антиприреном) составляет в среднем от 40 до 50 МН/м, что сопоставимо с поверхностным натяжением фенолоформальдегидных смол без реакционноспособных наполнителей. Следовательно, фенолоформальдегидные смолы (kleи) способ-

Таблица 2

| Марка смолы (клея)   | Массовое содержание наполнителя, % | Усл. вязкость клея, через 1 ч после приготовления, с | Жизнеспособность, ч | Продолжительность желатинизации, при 100°C, с | $\sigma_{жг}$ , МН/м |
|--|------------------------------------|--|---------------------|---|----------------------|
| СФЖ-3013 (с кремнезёмным дисперсным порошком в качестве наполнителя) | 0                                  | 49   | –                   | 579   | 55,3                 |
|  | 0,5                                | –  | 9,3/10,0            | 493/490                                       | 62,3/66,6            |
|  | 1,0                                | –  | 6,2/6,7             | 451/449                                       | 66,4/71,7            |
|  | 1,5                                | –  | 4,7/5,0             | 442/440                                       | 73,2/74,2            |
|  | 2,0                                | –  | 3,0/3,3             | 412/419                                       | 80,2/86,9            |
| При T = 105°C  |                                    |  |                     |   |                      |
| СФЖ-3014 (с полифосфатами аммония в качестве наполнителя)            | 0                                  | 48   | –                   | 831   | 44,9                 |
|  | 2                                  | 77   | –                   | 453   | 69,3                 |
|  | 4                                  | 107  | –                   | 432   | 79,7                 |
|  | 6                                  | 178  | –                   | 408   | 89,6                 |

Примечание. В числителе – для клея с наполнителем дисперсностью 5 мкм, в знаменателе – для клея с наполнителем дисперсностью 10 мкм.

ны удовлетворительно смачивать древесину (угол смачивания  $\Theta$  не превышает 90 град.). Поверхностное натяжение  $\sigma_{жг}$  фенолоформальдегидных клеёв значительно зависит от их температуры T (в °C) – для клея СФЖ-3014  $\sigma_{жг} = 61,4 - 0,084T$ , МН/м.

Реакционноспособные вещества (полифосфаты аммония, кремнезёмный дисперсный порошок) способствуют увеличению поверхностного натяжения адгезива и, как следствие, ухудшению качества склеивания; если значение  $\sigma_{жг}$  больше 80 МН/м, то величина предела прочности kleевого соединения очень мала [1, 4].

1. Кремнезёмные дисперсные порошки, алюмосиликаты природного происхождения, полифосфаты аммония являются эффективными реакционноспособными наполнителями и обладают способностью ускорять процесс отверждения фенолоформальдегидных клеёв.

2. Ускорение процесса склеивания древесины путём применения реакционноспособных веществ, увеличивающих поверхностное натяжение, приводит к снижению прочности kleевого соединения.

3. Массовое содержание реакционноспособного наполнителя, вве-

дённого в фенолоформальдегидную смолу, должно быть меньше того значения, при котором поверхностное натяжение фенолоформальдегидных смол составляет 80 МН/м.

#### Список литературы

- Казакевич Т.Н. Склейивание хвойного шпона при пониженных температурах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб: СПБЛТА, 1998. – 20 с.
- Чубинский А.Н., Капустин М.Г., Волков А.В. Методические основы управления процессом склеивания // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб: СПБЛТА, 1998. – С. 24–31.
- Кандакова Е.Н. Технология склеивания огнезащищённой фанеры из осинового шпона: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб: СПБЛТА, 2000. – 16 с.
- Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Денисов С.В. Исследования влияния алюмосиликатных наполнителей на физико-химические свойства kleёв // Труды Братского ГТУ. – Братск, 2000. – С. 208–209.
- Варанкина Г.С. Склейивание древесных kleёных материалов на основе малотоксичных kleевых композиций: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб: СПБЛТА, 2000. – 20 с.
- Онегин В.И. Формирование лакокрасочных покрытий древесины. – Л.: ЛГУ, 1983. – 148 с.
- Чубинский А.Н., Ермолаев Б.В., Волков А.В. Физико-химические основы технологических процессов деревообработки. – СПб: СПБЛТА, 1997. – 40 с.

## ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Зарубежные читатели могут оформить подписку на журнал "Деревообрабатывающая промышленность" с доставкой в любую страну по адресу: 129110, Москва, Россия, ул. Гиляровского, дом 39, ЗАО "МК – Периодика", телефоны (095) 281-9137, 281-3798, факс 281-3798.

Подписка производится по экспортному каталогу ЗАО "МК – Периодика", цены которого включают авиадоставку. Оплата – или в иностранной валюте, или в

рублях с пересчётом по курсу ММВБ на день платежа.

Подписчикам в ЗАО "МК – Периодика" предоставляется скидка 10%, доставка с любого срока, подписка может быть оформлена на любой срок.

Кроме того, подписьаться на наш журнал можно через фирмы и организации любой страны, имеющие деловые отношения с ЗАО "МК – Периодика".

Редакция

УДК 674:681.816.066

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ВИРБЕЛЯ В ГНЕЗДЕ ВИРБЕЛЬБАНКА ФОРТЕПИАНО

**Б.А. Иванов, А.И. Фурин,** канд. техн. наук

Для изготовления высококачественных вирбельбанков музыкальных инструментов с использованием клёвых слоистых материалов с большим числом kleевых слоёв требуется знать зависимость силы трения вирбеля в гнезде вирбельбанка от числа этих слоёв и характера их взаиморасположения.

Силу трения выражают через коэффициент трения. Коэффициент трения скольжения  $f$  – это отношение силы трения скольжения  $T$  к нормальной составляющей внешних сил  $N$ , действующих на поверхностях трения:  $f = T/N$ .

Трение вирбеля о деревянную поверхность гнезда вирбельбанка – сложное явление, зависящее от многих процессов, протекающих на границе раздела в зонах фактического контакта и в тонких поверхностных слоях этих тел при относительном повороте вирбеля. Невозможность теоретического определения величины контурного давления, отсутствие данных о твёрдости древесины по Бриннелю, неопределенность в отношении микрогеометрии поверхности вирбеля, большая величина натяга при запрессовке вирбелей в вирбельбанк и другие причины – всё это не позволяет определить теоретическую величину  $f$  [1]. Но возможно найти экспериментальные величины  $f$ .

Исследование проводили на машине трения СМЦ-2. Испытуемый образец материала прижимали к врачающемуся стальному диску диаметром 0,05 м – силой  $Q$ , величину которой измеряли с высокой точностью. Частоту вращения диска можно изменять в пределах 30–300 мин<sup>-1</sup>. В данном исследовании  $\nu$  составляла 30 мин<sup>-1</sup>, так что значение линейной скорости скольжения в равнялось 0,157 м/с. В реальной конструкции скорость скольжения вирбеля по стенке отверстия значительно меньше этого значения. Величину  $f$  определяли при четырёх значениях  $Q$ : 245, 491, 736, 981 Н – т.е. при следующих величинах удельного давления

$q$  в паре трения: 1,26; 2,52; 3,86; 5,04 МПа.

Для исследования были выбраны три конструкции вирбельбанков из шпона с наиболее высокими значениями физико-механических показателей материала (определенными при проведении предварительных экспериментов) и традиционная конструкция вирбельбанка из массивной древесины бука, применяемая в настоящее время.

Клеёные вирбельбанки изготавливали путём склеивания (фенолоформальдегидным kleем СФЖ-3014) слоёв лущёного берёзового шпона толщиной 1,15 мм с различным направлением волокон древесины в смежных слоях. Для образцов вирбельбанков № 5, 6, 10 угол (в град.) между вектором направления волокон древесины в чётных (числитель) и нечётных (знаменатель) слоях и их продольной кромкой составлял соответственно 0/90; 0/30; 30/90.

Для исследования изготавливали – на токарном станке – специальные образцы в виде колец, которые затем разрезали на секторы. Образец закрепляли в оправке и помещали в машину трения так, чтобы обеспечивался контакт со стальным диском, который после нагружения силой  $Q$  приводился во вращение.

Величину коэффициента трения для стального диска диаметром 0,05 м вычисляли по формуле  $f = M_r / 2,5Q$ , где  $M_r$  – момент силы трения в испытуемой паре, Н·см, значения которого определяли по показаниям потенциометра с помощью соответствующего тарировочного (градуировочного) графика.

Проверку правильности результатов испытаний проводили путём сравнения расчётной (экспериментальной) величины коэффициента трения контрольных образцов из ДСП марки ИДПК-Б2 с соответствующими литературными данными [2].

В результате проведения экспериментальных исследований получены – при четырёх значениях  $q$  – величи-

ны  $f$  трёх образцов вирбельбанков, склеенных из берёзового шпона, и одного образца из цельной древесины бука. Величины  $f$  клёвых образцов во всех опытах были очень близки: коэффициент вариации для них составлял 5,9, а для образцов из древесины бука – 13,8%.

Авторами установлен характер зависимости  $f$  от  $q$ : с увеличением удельного давления коэффициент трения всех образцов уменьшается. Коэффициент трения буковых образцов меньше, чем образцов, склеенных из берёзового шпона, – разница в  $f$  между сравниваемыми материалами составляет в среднем 13,8%. Коэффициент трения незначительно зависит от направления волокон шпона в смежных слоях вирбельбанков: разница в  $f$  между соответствующими образцами составляет не более 4,1%.

Анализ результатов выполненных исследований показывает следующее: применение лущёного берёзового шпона для изготовления вирбельбанков фортепиано позволяет получить конструкции, отличающиеся достаточной стабильностью величин коэффициента трения, а следовательно, стабильностью значений момента силы трения вирбелей всего вирбельбанка и стабильностью строя музыкального инструмента. Но при большом числе слоёв величины показателей вязкости и упругости материала вирбельбанка значительно хуже. Поэтому для обеспечения длительной нормальной работы музыкального инструмента необходимо определять и затем технологически соблюдать оптимальное число слоёв шпона и их взаиморасположение в конструкции вирбельбанка.

## Список литературы

1. Исследование и разработка конструкции и технологии вирбельбанка из лущёного шпона: (Отчёт по НИР) / ЛТА. – Л., 1983. – 94 с.
2. Вигдорович А.И., Сагалаев Г.В. Применение древопластов в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1977.

УДК 674.047.002.56

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

**А. С. Карпов, канд. техн. наук, Е. И. Цветков, В. Е. Цветков**

До настоящего времени измерение влажности пиломатериалов в процессе сушки связано с преодолением определённых технических трудностей.

Развитие современных электронных систем позволило по-новому взглянуть на решение таких задач. Появилась реальная возможность повысить эффективность измерительных средств путём использования аналоговой и микропроцессорной схемотехники.

Сложность измерения влажности древесины определяется самим процессом её гидротермической обработки, а также необходимостью обеспечить достоверность представления информации, надёжность систем измерения, удобство установки и съёма датчиков, связь последних с устройствами обработки информационных сигналов, вырабатываемых датчиками.

Разработку систем и средств для измерения текущей влажности можно разделить на два направления. Первое – разработка систем и средств для измерения влажности доски как элемента штабеля. Второе – измерение влажности штабеля пиломатериалов в целом. По способу передачи информационных сигналов от датчиков системы можно разделить на проводные и беспроводные.

В настоящее время широко распространён способ измерения влажности древесины в процессе сушки с помощью кондуктометрических (игольчатых) датчиков (их устанавливают в досках на различную глубину), обеспечивающих возможность измерения удельного электрического сопротивления древесины, которое функционально зависит от её влажности. У этих датчиков много недостатков – к ним можно отнести большую нелинейность упомянутой зависимости, низкую чувствительность при измерении малых величин влажности и др.

Физическая основа диллькометрического метода измерения влажности древесины состоит в том, что удельное ёмкостное сопротивление древесины функционально зависит от её влажности. Измерительные средства с таким принципом действия имеют более широкий диапазон измеряемых величин, высокую чувствительность и точность.

С использованием последнего метода на кафедре автоматизации производственных процессов С.-Петербургской государственной лесотехнической академии был разработан термокомпенсированный и влагозащищённый проводной быстродействующий электронный бесконтактный измеритель влажности высушиваемой древесины БЭБИВ-050К.

## Основные технические данные измерительного прибора БЭБИВ-050К

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Диапазон измерения, %      | 0–30 |
| Обзорный диапазон, %       | 0–60 |
| Разрешающая способность, % | 0,6  |

Абсолютная погрешность измерения (%), при температуре 20°C, для диапазона измеряемых величин влажности, %:

|       |      |
|-------|------|
| 2–10  | 1    |
| 10–20 | 2    |
| 20–30 | 3    |
| 30–40 | 4    |
| >40   | 5–10 |

Дополнительная погрешность, связанная с температурой среды измерения, %/°C . . . . . 0,03–0,06

Продолжительность измерения без учёта времени

на установку нуля, не более, с . . . . . 5

Толщина контролируемого слоя, не более, мм . . . . . 50

Размеры контролируемого образца, не менее, мм . . . . . 90x90x20

Напряжение питания, В:

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| модуля индикации и управления | 9 |
| реле установки нуля           | 9 |

Ток потребления, мА:

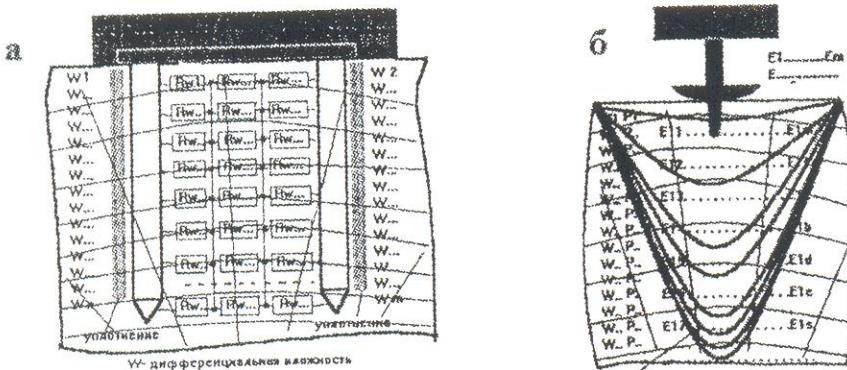
|                               |    |
|-------------------------------|----|
| модуля индикации и управления | 5  |
| реле установки нуля           | 70 |

Количество подключаемых датчиков влажности . . . . . Не ограничено

Принцип действия прибора следующий. Измерительный автогенератор вырабатывает ВЧ-колебания частотой 30 МГц. Ввод ВЧ-излучения внутрь древесины происходит с помощью латунного излучателя, который одновременно является держателем датчика влажности при её измерении. Для согласования излучения измерительного генератора с измеряемым материалом, улучшения чувствительности прибора и увеличения глубины проникновения электромагнитного поля в глубь древесины – применены специальные согласующие цепи. При этом обеспечивается достаточная линейность статической характеристики прибора в диапазоне измеряемых величин влажности 0–30%.

Для создания двухпроводной системы связи датчиков с устройством обработки информационных сигналов от них использован принцип измерения постоянного тока потребления измерительного автогенератора, который корреляционно зависит от измеряемой влажности. Благодаря этому возможно измерять сигналы без использования амплитудного детектора. Вольт-амперная характеристика диода существенно нелинейна, что обуславливает значительную нелинейность градуировочной характеристики прибора. Она также сильно зависит от температуры.

На рис. 1 представлена электрофизическая интерпретация кондуктометрического и диллькометрического способов измерения влажности древесины. Иглы кондуктометрического влагомера – это проводники, по которым течёт ток, а древесина, расположенная между ними, – это параллельно соединённые резисторы. Зависимость



**Рис. 1. Электрофизическая интерпретация кондуктометрического и диэлькометрического способов измерения влажности древесины:**  
а – кондуктометрический датчик; б – диэлькометрический датчик

удельного сопротивления древесины от её влажности обычно описывается следующим выражением:

$R = f(A/W^k)$ ,  
где  $A$ ,  $k$  – эмпирические положительные коэффициенты, зависящие от породы древесины и конструкции датчика.

В случае установки кондуктометрического датчика общее сопротивление цепи (состоящей из параллельно соединённых резисторов) в значительной мере определяется резистором с наименьшей величиной сопротивления, т.е. участком древесины с максимальным значением влажности. Древесина при влажности 10% и меньшей является высокодобротным (т.е. с очень большим удельным активным сопротивлением) диэлектриком. Поэтому при использовании кондуктометрического способа низка точность определения момента достижения заданной конечной влажности высушиваемых пиломатериалов.

При использовании диэлькометрического способа электромагнитное излучение с поверхности излучателя вводится в глубь доски. На рис. 1, б показано, что его интенсивность уменьшается по мере продвижения в глубь доски. Возникает взаимодействие неравномерно распределённой влаги с неравномерно распределённым электромагнитным полем. Согласно законам электродинамики в зоне ближнего излучения преобладает квазистатическое электрическое поле.

В ближней зоне излучения плотность энергии электрического поля значительно (по меньшей мере в 100 раз) больше, чем магнитного. Влага, залегающая на глубине или находящаяся на поверхности, незначительно сказывается на результатах измерений.

Для обеспечения лучшего контакта ВЧ-излучение вводится в доску с помощью штыревого возбудителя, включённого в цепь измерительного ВЧ-автогенератора. Схема выполнена на полупроводниковых элементах, так что температура окружающей среды влияет на выходное напряжение автогенератора. Поэтому в измерительную схему введено дополнительное компенсирующее устройство, позволяющее исключить влияние этой температуры.

В схеме предусмотрены два способа осуществления температурной компенсации: ручного и способа, применяемого при использовании АСУТП. В этих целях в термо-влагозащитной коробке преобразователя влажности установлено герметизированное

реле, которое перед процессом измерения – по сигналу модуля индикации и управления (МИУ) – отключает датчик влажности от измерительной схемы. Для этого контакты реле подключены к излучателю и термостабильному резистору – значение сопротивления последнего соответствует значению начала шкалы.

Схема состоит из двух основных частей: МИУ и датчика влажности (ДВ). Эти два устройства соединены с помощью четырёхжильного кабеля. ДВ конструктивно состоит из двух частей: самого датчика (измерительного преобразователя) с электронной схемой и ВЧ-возбудителя, в конструк-

тивном отношении выполняющего роль держателя датчика. Для крепления датчика к возбудителю сделана специальная матрица с защёлкой, которую легко отсоединить. Если после сушки будет трудно вынуть возбудитель из сухой доски, то его можно будет вывернуть с помощью гаечного ключа.

Особенно трудно нужным образом установить датчики при формировании штабеля и обеспечить эффективную передачу информации от них к системе управления. В этом случае от штабеля много проводов идёт к системе управления. Последняя обычно находится на большом расстоянии от сушильной камеры. Это создаёт неудобства, требует больших трудозатрат на монтаж и прокладку систем связи.

За последние 3–4 года в мире нарастает тенденция к переходу на управление техникой по радиоканалу и интеграции в беспроводную локальную сеть (WLAN). Необычайно популярными стали беспроводные устройства связи, использующие общедоступные радиочастоты (образующие диапазоны шириной от сотен МГц до единиц ГГц). К ним можно отнести выпускаемые фирмой "RF Monolithics" (США) микросборки. Они выполняют функции радиотехнических приёмников, передатчиков и приёмопередатчиков для передачи цифровых сигналов на фиксированных частотах. Микросборки упакованы в миниатюрные керамические планарные (плоские) корпуса размерами около 10×10×2 мм.

Наиболее гибкими и многофункциональными устройствами для передачи, приёма и обработки информации являются микроконтроллеры (например, фирмы "Microchip").

На рис. 2 представлена беспроводная система телеизмерения влажности высушиваемых пиломатериалов.

#### Передающий модуль системы, находящийся в сушильной камере



#### Приёмный модуль системы, находящийся вне камеры



**Рис. 2. Блок-схема беспроводной системы телеизмерения влажности высушиваемых пиломатериалов:**

ДВ – датчик влажности; АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; МК – микроконтроллер; ЦПер – цифровой передатчик; ПерA – передающая антенна; ПриёмA – приёмная антенна; ЦПриём – цифровой приёмник; И – индикатор (устройство визуального отображения информации)

Такие системы можно разрабатывать по двум направлениям. Первое – это создание систем, обеспечивающих пассивную последовательную передачу данных. В этом случае для каждого датчика устанавливают строго определённое время передачи в эфире – для того чтобы сигналы от разных датчиков не создавали друг для друга перекрёстных помех вследствие наложения одного сигнала на другой. Второе направление – создание систем, обеспечивающих активный радиообмен информацией между всеми блоками беспроводной системы телеметрии. В этом случае используются приёмопередающие модули. С их помощью пользователь может запросить и получить информацию о процессе в любой момент времени в любой точке объекта: автозапросчики и автоответчики со своими кодовыми числами могут включить любой датчик.

В настоящее время достаточно полно разработаны программы и алгоритмы для устройств, обеспечивающих последовательную передачу данных (передающих модулей). Передающий модуль беспроводной системы телеметрии влажности устанавливают на плоскости доски. Для электропитания модуля необходимо использо-

зовать батареи с большим запасом электроэнергии. Для экономного расходования электроэнергии в микроконтроллерах предусмотрена команда "sleep". В программе работы передающего модуля должны содержаться следующие подпрограммы диагностики:

- для проверки работоспособности всех датчиков;
- для проверки точности градиуровочных характеристик (начала и конца шкалы, линейности характеристик, точности воспроизведения показаний);
- для проверки исправности батарей электропитания.

Применение таких модулей позволит существенно упростить процедуры оптимального управления технологическим процессом сушки пиломатериалов и облегчить работу по установке и обслуживанию соответствующих беспроводных систем телеметрии влажности.

#### *Список литературы*

1. Музалевский В.И. Измерение влажности древесины. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 120 с.
2. Карпов А.С., Цветков Е.И. Положение с электронными влагомерами древесины в России // Приборы и системы управления. – 1997. – № 4. – С. 38–39.

УДК 674.05:621.316.761.2

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Г.П. Знаменский**, канд. техн. наук

Для проведения технологических процессов на деревообрабатывающих предприятиях требуются значительные затраты электрической энергии. В настоящее время в нашей стране постоянно растут дефицит электроэнергии и тарифы на неё, что отрицательно сказывается на себестоимости и годовом объёме выпуска (в физическом выражении) продукции из древесины и древесных материалов. В связи с этим весьма актуальна задача обеспечения полного использования традиционных и поиска новых, более эффективных, путей экономии электроэнергии в деревообрабатывающих производствах.

Анализ результатов проведённых исследований показывает следующее. На силовые установки приходится до 88%, а на осветительные – до 12% электроэнергии, потребляемой деревообрабатывающим предприятием. Коэффициент активной мощности (т.е. отношение активной мощности к полной, которое при синусоидальном токе равно  $\cos \phi$  – ко-

синусу угла сдвига фаз между напряжением и полным током нагрузки) в среднем составляет 0,7, нестабильность напряжения достигает 15% его номинального значения, а коэффициент несинусоидальности напряжения не превышает 5%. В электроприводах используют преимущественно асинхронные двигатели, реже – синхронные, а также двигатели постоянного тока с регулируемыми тиристорными преобразователями.

Деревообрабатывающим предприятиям присуще непостоянство нагрузки электросети (определенной работающим электрооборудованием предприятия) и, следовательно, уровня реактивной мощности эквивалентного индуктивного источника, так что использование нерегулируемых ёмкостных источников реактивной мощности (ИРМ) не обеспечивает поддержания требуемого значения  $\cos \phi$ , т.е. получения нужной экономии в электроэнергии. Поэтому были разработаны разно типные установки автоматической

компенсации реактивной мощности (АКРМ). Их применение в максимальной степени способствует получению экономии в электроэнергии и уменьшению нестабильности напряжения, а следовательно, увеличению производительности силового оборудования, улучшению эффекта от использования осветительных установок, повышению качества и увеличению количества выпускаемой продукции.

В частности, в Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии была разработана серия установок АКРМ, осуществляющих дискретное автоматическое регулирование величины реактивной мощности и, как следствие, коэффициента активной мощности. В них используются различные датчики реактивной нагрузки (ДРН): датчики реактивной мощности (фотоэлектрические варметры), датчики тока (фотоэлектрические амперметры, токовые реле) и др. [1, 4, 5, 8].

Установка АКРМ может работать с разнотипными ИРМ: батареей

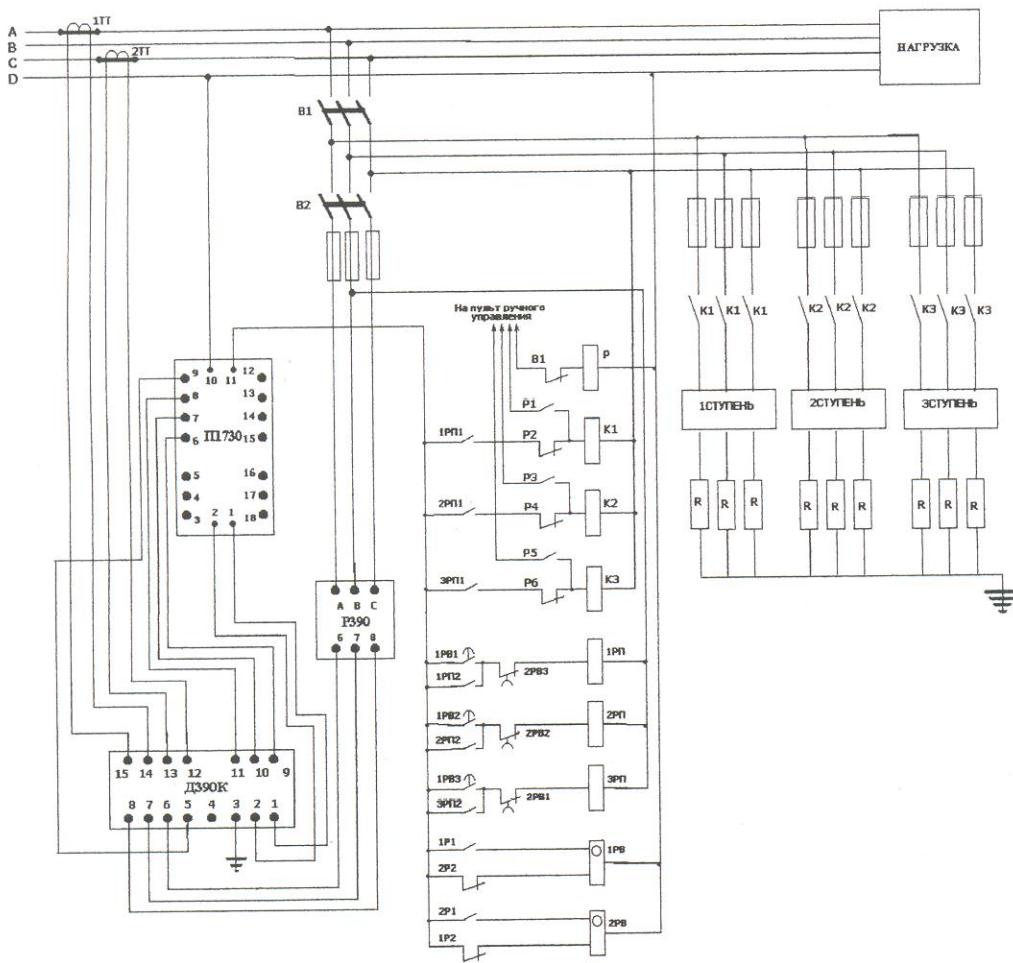


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема установки АКРМ с тремя ступенями регулирования

конденсаторов (БК), синхронными двигателями (СД), синхронными компенсаторами (СК), синхронизированными асинхронными двигателями (САД) [1, 2, 3, 8].

Для проектирования и настройки установки АКРМ, работающей в сочетании с различными ИРМ, была разработана методика расчёта мощности и числа ступеней регулирования ИРМ по графикам нагрузки электросети, обусловленной работой предприятия [6]. Кроме того, были разработаны оригинальные схемы коммутации трёхфазных БК – их применение вместо существующих схем позволяет уменьшить в 2 раза потери электроэнергии и увеличить в 1,5 раза срок службы БК [7]. Ноизна разработок подтверждена одним а.с. СССР и четырьмя патентами РФ.

Рассмотрим одну из серий установок АКРМ, разработанных СПБГЛТА, – принципиальная элект-

рическая схема приведена на рис. 1. Схема включает в себя три ступени автоматического регулирования батарей конденсаторов. Соответствующая автоматика содержит в себе следующие приборы и устройства: два реле времени 1РВ и 2РВ типа ВС-10-33; узкопрофильный варметр Д390К; блок трёхпозиционного регулирования П1730; вспомогательное делительное устройство Р390; три промежуточных реле 1РП, 2РП, 3РП типа ПМЕ-071; два трансформатора тока 1ТТ, 2ТТ; схему управления устройством АКРМ; нагрузку, представленную асинхронными двигателями.

Принцип действия установки АКРМ состоит в следующем. Если величина реактивной мощности нагрузки станет больше максимально допустимого значения, установленного на датчике реактивной мощности (варметре Д390К), на шкале сразу же появится красный сигнал. При

этом фотодиод датчика, расположенный на красной ленте, начнёт облучаться оптическим излучением. Сопротивление фотодиода изменится, из-за чего сработает выходное реле 1Р блока трёхпозиционного регулирования П1730. Замкнувшийся контакт 1Р1 реле 1Р включит реле времени 1РВ. Реле 1РВ сработает и через время, равное заданной выдержке  $\Delta t_1$ , замкнёт свой контакт 1РВ1. Затем возбудится промежуточное реле 1РП, из-за чего начнёт осуществляться электропитание катушки контактора К1, который замкнёт контакты контактора К1, так что включится первая ступень силовой конденсаторной установки.

Если реактивная мощность первой ступени конденсаторной установки окажется недостаточной для оптимизации режима, то контакт 1Р1 выходного реле 1Р блока П1730 останется замкнутым и через время, равное заданной выдержке  $\Delta t_2$ , реле времени 1РВ замкнёт контакт 1РВ2. При этом возбудится проме-

жуточное реле 2РП, вследствие чего начнёт осуществляться электропитание катушки контактора К2, который замкнёт контакты контактора К2 и включит вторую ступень силовой конденсаторной установки. При этом реактивная мощность конденсаторной установки возрастёт примерно в 2 раза.

Если включённая мощность конденсаторов первой и второй ступеней окажется недостаточной, то реле времени 1РВ останется возбуждённым ввиду того, что контакт 1Р1 замкнут. Поэтому через время, равное заданной выдержке  $\Delta t_3$ , реле времени 1РВ замкнёт свой контакт 1РВ3. После этого возбудится промежуточное реле 3РП и начнёт осуществляться электропитание катушки контактора К3, который вследствие этого замкнёт контакты контактора К3 и включит третью ступень силовой конденсаторной установки. В этом случае мощность включён-

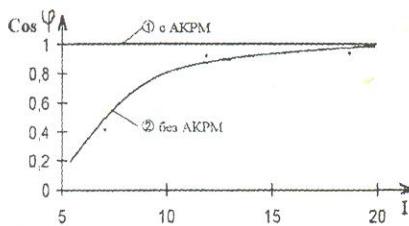


Рис. 2. Графики зависимости коэффициента активной мощности от полного тока нагрузки

ных конденсаторов станет максимальной и реле 1Р разомкнёт свой контакт 1Р1. При этом величина реактивной мощности нагрузки будет оптимальной.

Реле Р служит для дистанционного переключения контакторов K1, K2, K3 из автоматического режима в ручной. При снижении активной нагрузки снижается и потребляемая реактивная мощность. В результате может наступить явление перекомпенсации, которое вызовет дополнительные потери электроэнергии. При этом измерительный механизм варметра Д390К (датчика реактивной нагрузки) отклонится в противоположную сторону и на его шкале появится зелёный сигнал, а фоторезистор датчика, расположенный на зелёной ленте, начнёт облучаться оптическим излучением. Сопротивление фоторезистора изменится, из-за чего сработает выходное реле 2Р блока П1730. Замкнувшийся контакт этого реле 2Р1 включит реле времени 2РВ. Через время, равное заданной выдержке  $\Delta t_4$ , разомкнётся нормально закрытый контакт 2РВ1 реле времени 2РВ, вследствие чего перестанет осуществляться электропитание катушки промежуточного реле 3РП – его контакт 3РП1 разомкнётся, из-за чего отключится электропитание катушки контактора K3. При этом контакты последнего разомкнутся и третья ступень силовой конденсаторной батареи отключится. Если этого будет недостаточно для оптимизации величины реактивной мощности, то контакт 2Р1 реле 2Р останется замкнутым и вышеописанным образом (при помощи реле 2РВ) контакты контакторов K2 и K1 – через время, равное заданной выдержке  $\Delta t_5$  и  $\Delta t_6$  соответственно, – разомкнутся (если при этом нагрузка стала минимальной).

По результатам экспериментальных исследований в лаборатории построены графики зависимости коэффициента активной мощности от полного тока нагрузки, обусловленного работающими асинхронными двигателями А 52-4: с использованием устройства АКРМ и без него (рис. 2).

Теперь определим, во сколько раз при применении установок АКРМ улучшатся величины показателей эффективности системы электропитания деревообрабатывающего предприятия, – при этом воспользуемся ранее полученными формулами [8].

При автоматическом регулировании величины коэффициента активной мощности ( $\cos \varphi$ ) в пределах от 0,70 до 0,98 и, как следствие, значения коэффициента реактивной мощности ( $\operatorname{tg} \varphi$ ) в пределах от 1,0 до 0,2 потребная мощность подстанции S и полный ток нагрузки I уменьшатся в 1,4 раза ( $S_1/S_2 = I_1/I_2 = \cos \varphi_2/\cos \varphi_1 = 0,98/0,70$ ). Потеря мощности снизится в 1,96 раза [ $\Delta P_1/\Delta P_2 = (\cos \varphi_2/\cos \varphi_1)^2 = (0,98/0,70)^2$ ], а потеря напряжения – в 5 раз ( $\Delta U_1/\Delta U_2 = \operatorname{tg} \varphi_1/\operatorname{tg} \varphi_2 = 1,0/0,2$ ).

Разработанные в СПБГЛТА установки АКРМ внедрены на многих предприятиях деревообрабатывающей промышленности, а также на целом ряде предприятий лесозаготовительной и целлюлозно-бумажной промышленности – это обеспечивает получение большого положительного технико-экономического эффекта.

### Выводы

1. Применение установок АКРМ позволяет значительно улучшить величины показателей эффективности системы электропитания деревообрабатывающего предприятия.

2. Присущее деревообрабатывающим предприятиям непостоянство нагрузки электросети (обусловленной работой электрооборудования предприятия) требует применения на них установок АКРМ с целью получения экономии в электроэнергии и уменьшения нестабильности напряжения, а следовательно, снижения себестоимости, повышения качества и увеличения количества выпускаемой продукции.

3. Установки АКРМ универсаль-

ны и могут широко применяться не только на предприятиях деревообрабатывающей, лесозаготовительной и целлюлозно-бумажной промышленности, но и на предприятиях других отраслей, отличающихся непостоянством нагрузки электросети.

### Список литературы

1. Знаменский Г.П., Паршикова Е.П. Исследование установки компенсации реактивной мощности // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1988. – С. 108–112.
2. Горбатов Н.М., Знаменский Г.П., Паршикова Е.П. Компенсация реактивной мощности синхронными электродвигательными устройствами // Изв. вузов. Лесной журнал. – 1989. – № 5. – С. 74–77.
3. Знаменский Г.П., Горбатов Н.М., Паршикова Е.П. Устройство автоматической синхронизации асинхронного двигателя с контактными кольцами // Инф. листок № 240–88. – Л.: МТЦ НТИП, 1988. – 4 с.
4. Знаменский Г.П. Устройство автоматического регулирования реактивной мощности на узкопрофильном контактном электрическом амперметре АКРМ-91РА // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: ЛТА, 1997. – С. 129–132.
5. Знаменский Г.П. Устройство автоматического регулирования реактивной мощности на токовых реле АКРМ-91КА // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: ЛТА, 1997. – С. 133–135.
6. Горбатов Н.М., Знаменский Г.П. Выбор мощности и числа ступеней конденсаторных батарей для компенсации реактивных нагрузок деревообрабатывающих предприятий // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1989. – С. 94–97.
7. Знаменский Г.П., Горбатов Н.М. Новая схема соединения и коммутации трёхфазной батареи косинусных конденсаторов. // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб: СПБГЛТА, 1997. – С. 105–110.
8. Знаменский Г.П. Устройство автоматической компенсации реактивной мощности – АКРМ: Лабораторный практикум. – СПб: СПБГЛТА, 2002. – 20 с.