

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УРАЛЬСКИЙ ЛЕСНОЙ ТЕХНОПАРК
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАУКИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЛЕСНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
(IUFRO)
МЕЖДУНАРОДНОГО ЦЕНТРА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ЛЕСНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ICFFI)
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
АССОЦИАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ «ДРЕВМАШ»
АССОЦИАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ СЕКЦИИ НАУК О ЛЕСЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
УРАЛЬСКИЙ СОЮЗ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННИКОВ
УРАЛЬСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПЕРЕРАБОТКИ
ДРЕВЕСИНЫ
АССОЦИАЦИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ УРАЛА
АССОЦИАЦИЯ УРАЛЬСКИХ МЕБЕЛЬЩИКОВ**

ДЕРЕВООБРАБОТКА:

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА

**ТРУДЫ
VII МЕЖДУНАРОДНОГО
ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА
23-24 мая 2012 г.**

**В рамках
V ЕВРО-АЗИАТСКОГО ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ФОРУМА**

УДК 674 (063)
ББК 37.13
Д 36

Д 36 **Деревообработка:** технологии, оборудование, менеджмент XXI века: тр. VII междунар. евразийского симпоз. / под науч. ред. В.Г.Новоселова. Екатеринбург, 2012. 338 с.
ISBN 978-5-94984-410-6

В книгу трудов включены доклады VII международного евразийского симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века», проходившего с 23 по 24 мая 2012 года в городе Екатеринбурге.

В трудах рассмотрены актуальные вопросы теории и практики организации деревообрабатывающего производства; эффективности использования инновационных и информационных технологий в фундаментальных научных и прикладных исследованиях, образовательных и коммуникативных системах и средах; технологии подготовки круглых лесоматериалов и их переработки с получением пиломатериалов и их биологической защиты; деревянного домостроения и отделки изделий из древесины лакокрасочными материалами; теории резания древесины, расчета режимов резания древесины на станках, совершенствования и проектирования принципиально нового технологического деревообрабатывающего оборудования и режущего инструмента, повышения их точности и надежности; экологии и безопасности и др.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 674
ББК 37.13

Организационный комитет:

Залесов С.В. - председатель, Тракало Ю.И. - зам. председателя, Газеев М.В. - зам. председателя, Новоселов В.Г. - отв. секретарь. Члены оргкомитета: Бирюков П.А., Бессонов А.Б., Часовских В.П., Герц Э.Ф., Гороховский А.Г., Чернышев О.Н., Черемных Н.Н., Вураско А.В., Юрьев Ю.Л., Щепочкин С.В., Кузнецов А.И.

Редакционная коллегия:

Новоселов В.Г. – председатель, Газеев М.В. – секретарь, члены редколлегии: Бирюков П.А., Добрачев А.А., Солдатов А.В., Старжинский В.Н., Черемных Н.Н.

Ответственный за выпуск сборника Новоселов В.Г.
Дизайн обложки Газеева М.В.

ISBN 978-5-94984-410-6

© ФГБОУ ВПО «Уральский государственный
лесотехнический университет», 2012

Дорогие друзья!

От имени Уральского государственного лесотехнического университета и от себя лично я рад приветствовать вас на V Евро-Азиатском промышленном форуме и выставке «Леспром-Урал. Деревянный дом. Деревообработка. Дерево в интерьере».

Проведение выставки и форума – важное событие не только для нашего города, но и для всей России. Сочетание конгрессных и выставочных мероприятий предоставляет участникам возможность наладить прямые контакты, продемонстрировать свои достижения.

Лесная индустрия играет сегодня важнейшую роль в решении глобальных проблем человечества: экология, предотвращение глобального изменения климата, обеспечение энергетики и т.д. В выставке-форуме принимают участие государственные учреждения, коммерческие фирмы, общественные организации и некоммерческие партнёрства. Я рад тому, что Евро-Азиатский форум становится площадкой для профессионального общения и обсуждения наиболее важных проблем в различных экономических отраслях.

Участие в работе конференции и выставки студентов и молодых исследователей будет способствовать сохранению и воспроизводству российского интеллектуального капитала, развитию национального инженерного потенциала.

Желаю всем плодотворной работы, достижения намеченных целей и отличного настроения!

Ректор УГЛТУ
А.В. Мехренцев

МЕНЕДЖМЕНТ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

С.И. Басманов

Уральский союз лесопромышленников,
Екатеринбург, РФ

ЛЕСОЭКСПОРТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ И УРОВЕНЬ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (EXPORT POTENTIAL OF THE SVERDLOVSK REGIONS FOREST INDUSTRY AND THE LEVEL OF ITS ACTUALIZATION)

Дана оценка использования экспортных возможностей лесного комплекса области и изложены причины, сдерживающие их должную реализацию.

An utilization review is given for export possibilities of the regional timber complex. The factors inhibiting their proper actualization are recounted.

Лесной комплекс региона, включающий в себя более 2 тыс. предприятий в основном малого и среднего бизнеса, пока не преодолел кризисных тенденций в своём развитии. Важнейшие показатели его работы компактно представлены в табличной форме (табл.1).

Таблица 1

Показатели работы лесопромышленного комплекса

| Показатели деятельности | Единица измерения | Значения показателей | | Примечание |
|--|--------------------|----------------------|----------------|--|
| | | Базовое | Факт в 2011 г. | |
| 1. Численность работающих | тыс. чел. | 30 | 20 | Базовая величина 2006 г. |
| 2. Сырьевой потенциал по заготовке древесины в год | млн м ³ | 22.0 | 7,3 | Ежегодное пользование по договорам аренды 7,6 млн м ³ |
| 3. Уровень использования имеющихся производственных мощностей: | | | | Экспертная оценка |
| заготовка древесины | % | - | 33 | |
| производство пиломатериалов | % | - | 50 | |
| производство фанеры | % | - | 30 | |
| производство ДСП | % | - | 30 | |
| 4. Внутрорегиональное потребление древесины | млн м ³ | - | 5,8 | В пересчёте на круглые лесоматериалы |
| 5. Поставка древесины в круглом виде за пределы области | млн м ³ | - | 1,5 | В том числе 0,13 млн м ³ дров |

Окончание табл. 1

| Показатели деятельности | Единица измерения | Значения показателей | | Примечание |
|--|-------------------|----------------------|----------------|--------------------------|
| | | Базовое | Факт в 2011 г. | |
| 6. Объем продукции в стоимостном выражении | млрд руб. | 11,2 | 15,0 | Базовая величина 2008 г. |
| 7. В том числе поставки на экспорт лесопродукции | млн дол. | 74,9 | 194,4* | Базовое значение 2003 г. |
| * Решающее влияние на величину показателя имеет уровень цен. | | | | |

По мнению автора, внутрирегиональный рынок насыщен пиломатериалами и изделиями из древесины. Для дальнейшего наращивания объемов лесопромышленного производства необходимо:

- а) усиливать позиции на межрегиональном рынке лесоматериалов;
- б) наращивать своё присутствие на мировом лесном рынке;
- в) увеличивать объемы производства в области изделий из древесины с высокой добавленной стоимостью;
- г) развернуть в области производственные мощности по переработке низкосортной и лиственной древесины;
- д) улучшить качество всех видов лесопродукции.

Практической реализации мер, позволяющих решить в области вышеуказанные задачи, помешал мировой финансовый кризис (его пик – 2008 г.). Не осуществлены инвестиционные проекты создания плитного производства (г. Алапаевск); строительства ЦБК (г. Тавда); строительства Выйского ДОКа (г. Нижний Тагил) и т.д. Но на процесс технического обновления лесного комплекса области и оптимизацию структуры его производства влияют бюрократические препоны. Так, новые инвестиционные проекты, выдвинутые полгода назад Туринским ЦБЗ и ЗАО «Уральская лесопромышленная компания», до сих пор находятся на стадии согласования в областных инстанциях.

Хотя из-за географических причин (регион глубоко континентальный и удалён от внешних границ) лесоэкспортные возможности региона несколько ограничены, но увеличение поставок на мировой товарный рынок лесопродукции является одним из способов развития лесного комплекса. К сожалению, в последнее время область утратила некоторые позиции при экспорте лесопродукции (табл. 2).

Таблица 2

Показатели лесного экспорта

| Виды продукции | Единица измерения | Объем экспорта в 2011 г. | Уровень, % к факту 2010 г. | Экспортная ориентированность – доля поставок, % |
|-----------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------|---|
| Круглые лесоматериалы | тыс. м ³ | 129,5 | 92,0 | Узбекистан – 69 Финляндия – 20 |
| Пиломатериалы | тыс. м ³ | 454,8 | 85,5 | Ближнее зарубежье – 94 |
| Фанера | тыс. м ³ | 126,3 | 98,1 | Италия – 16 Турция, США, Египет – по 11 |
| Бумага и картон | тыс. т | 1,21 | 71,8 | Средняя Азия |

Наглядно об экспортном потенциале региона свидетельствуют данные табл. 3.

Таблица 3

Показатели лесоэкспорта из области

| Виды продукции | Показатели | | | |
|-----------------------|---|--|---|--------------------------------------|
| | Доля продукции на экспорт от объема производства, % | Максимальный объем, тыс.м ³ (год) | Факт 2011 г. к максимальному объёму производства, % | Средняя контрактная цена, доллар США |
| Круглые лесоматериалы | 6,0 | 713,0 (1995) | 18,1 | 74,5 |
| Пиломатериалы | | 800,0 (2007) | 52,8 | 226,9 |
| Фанера | 60,8 | 130,0 (2007) | 97,1 | 634,4 |
| Бумага и картон | 3,2 | Поставки всегда незначительны | | |

Результаты расчётов утверждают, что при максимальных объёмах поставок всех видов лесопродукции, а это по наличию ресурсного потенциала и даже имеющихся производственных мощностей реально, область дополнительно могла бы получить 137,4 млн дол. США.

К сожалению, препятствуют преодолению кризисных тенденций в работе лесного комплекса в большей степени не внутренние факторы, а меры административного регулирования, причём на федеральном уровне.

Конкретно указываю следующие.

1. Выполнение положений Лесного кодекса РФ (2006 г.) в части обязательного внесения арендных платежей вне зависимости от фактического объёма заготовки древесины подрывает экономические основы хозяйствования арендатора. К тому же до 30 % заготовленной низкосортной и лиственной древесины не находит потребителя, так как для её переработки в области нет мощностей, а её поставки в ближнее зарубежье и Финляндию нейтрализованы заградительными пошлинами.

2. Сжатие внутреннего рынка древесного сырья. По ряду причин рыночного характера прекращают или существенно снижают объёмы производства до сих пор действовавшие флагманы деревообработки в области (пос. Лобва; г. Нижний Тагил; г. Тавда, г. Новая Ляля).

3. Реформирование ОАО «РЖД» вместо расширения возможностей в части выбора подвижного состава для отгрузки лесоматериалов (эта цель декларировалась организаций грузовых компаний) фактически перекрыло к нему доступ для всех лесных предприятий.

Предприниматели не имеют технических средств для отправки лесных грузов даже по заключенным контрактам.

Самостоятельно решать указанные проблемы в области представители лесного бизнес-сообщества не могут. У них остаётся только одно – будировать региональные органы власти и отраслевой союз лесопромышленников и лесоэкспортёров с целью убедить центр:

а) внести в Лесное законодательство изменения, позитивно воздействующие на работу лесного комплекса и способствующие воспроизводству лесных ресурсов;

б) пересмотреть Устав железных дорог, разумно устанавливая железнодорожные тарифы и жестко регулировать работу грузовых компаний (по существу, монополистов на рынке транспортных услуг);

в) принять законодательно новые инициативы по привлечению инвесторов в лесной бизнес;

г) отменить как несвоевременные вывозные пошлины на балансы как лиственных, так и хвойных пород древесины;

д) для упорядочения внешнеэкономического сотрудничества создать своего рода третейский суд (для урегулирования спорных вопросов), подкрепив его правомочность межправительственными соглашениями, и ввести Единый реестр добросовестных участников, включение в который ежегодно подтверждает наличие у них свидетельства МВС и ТПП;

е) обязать соответствующие государственные ведомства предоставлять всем заинтересованным лицам достоверную информацию об участниках внешнеэкономической деятельности и её объемах.

Двадцатилетняя практика работы лесопромышленного комплекса убедила в догматичности ряда положений рыночной экономики. Решить проблемы своего развития лесопромышленному комплексу из-за специфики его производств без мер поддержки государства практически не возможно. Публикация данного материала – своего рода обращение ко всем региональным органам власти о содействии в решении злободневных проблем развития отрасли, в чём они сами должным образом заинтересованы.

П.А. Бирюков, М.В. Кузьмина

УГЛТУ, Екатеринбург

eolk@usfeu.ru

С.А. Булах

Министерство общего и профессионального образования

Свердловской области, Екатеринбург

К ОЦЕНКЕ ЭКСПОРТНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МАЛОГО ЛЕСНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В РЕГИОНЕ (TO THE ASSESSMENT OF EXPORT POSSIBILITIES OF SMALL FORESTRY BUSINESS IN THE REGION)

Приведены факторы, влияющие на использование экспортного потенциала малых лесных предприятий Свердловской области.

The factors influencing use of an export potential of the small forest enterprises of Sverdlovsk region are given in article.

Анализ процесса развития лесопромышленного производства в регионе дает основания для следующих выводов.

Как ранее отмечали авторы статьи, все лесопромышленные производства при изучении их состояния и перманентно протекающих трансформаций нужно дифференцировать по признаку «техноэкономический облик» [1].

Производства фанеры, древесноволокнистых (ДВП, МДФ) и древесностружечных (ДСтП) плит, целлюлозы и бумаги с позиций сущности технологического процесса, бесспорно, входят в группу подотраслей лесного комплекса с высоким техноэкономическим обликом.

За годы рыночной экономики ряд предприятий региона, базирующихся на сложных технологических схемах, по разным причинам прекратили свою деятельность. Другие продолжают, по мере возможности привнося в технологию незначительные технические новшества, работать (ОАО «Ново-Лялинский ЦБК», ООО «Тавдинский фанерный комбинат») или, радикально обновляя оборудование и наращивая объемы производства, успешно позиционируют себя в условиях рынка (ЗАО «Фанком»).

В данной статье акцент сделан на предприятия, по классификации производств отнесенных к группе с низким техноэкономическим обликом [1]. Это предприятия лесозаготовительного профиля и предприятия с первичной обработкой древесины. Если сравнить места дислокации этих предприятий на территории области, количество и уровень концентрации производства на начало 1991 г. и на текущий момент (начало 2012 г.), то очевидны разительные перемены.

Тенденции, свойственные трансформационным процессам в лесном комплексе, таковы:

- прекращение деятельности многих предприятий в многолесной Свердловской области, особенно в северо-восточной части;
- резкое снижение уровня концентрации производства после череды смен собственника в сохранившихся леспромпхозах;
- возникновение сотен малых лесных предприятий в обжитых зонах региона с развитой транспортной сетью и производственной инфраструктурой (своего рода явление «атомизации» производственных мощностей);
- резкий спад в регионе объемов производства деловой древесины, пиломатериалов, в том числе и на экспорт.

В условиях, когда государство не выделяет финансовых ресурсов на возведение транспортных коммуникаций в регионах, обладающих до сих пор значительными запасами древесины, следует обратить пристальное внимание на малый лесной бизнес. Его доля в объеме лесозаготовок и выпуске пиломатериалов в Свердловской области превысила 50 %.

К сожалению, по ряду причин субъективного характера не удалось выполнить сплошное обследование малых лесных предприятий в Уральском регионе. Но результаты даже выборочного исследования достаточно красноречивы.

Из 38 малых предприятий, сочетающих лесозаготовки в арендованных лесах с лесопилением, 86,8 % реализуют лесопroduкцию потребителям, находящимся в радиусе до 120 км от пункта своего базирования. Только два предприятия (что составляет 5,2 % от числа обследованных) поставляют продукцию на экспорт.

Особо подчеркиваем, что значительная часть малых предприятий закрепились на местном лесном рынке в условиях жесткой конкуренции. Однако, по состоянию на 01.01.2012 г., местный рынок лесопroduкции перенасыщен, а данное обстоятельство сдерживает использование производственного потенциала малого лесного бизнеса. Для закрепления достигнутых результатов и дальнейшего развития малых лесных предприятий в регионе очевидна необходимость их выхода на межрегиональные и международные товарные рынки.

Большинство малых лесных предприятий оснащены прогрессивным оборудованием (технологические схемы на базе ленточнопильных или круглопильных (типа «Барс») станков), сушильными камерами, линиями сращивания заготовок из древесины и изготовления столярных и погонажных изделий различного профиля. Их продукция по большинству параметров соответствует международным стандартам и реально может иметь выход на мировые рынки.

Причины, сдерживающие развитие межрегиональных связей и лесозэкспорта практически одни и те же. Лесные грузы по ряду технических и экономических причин труднотранспортабельны. При возрастании расстояния доставки лесопродукции до потребителей свыше 250-300 км становится экономически целесообразным использование речного и железнодорожного транспорта. Но, к сожалению, в Свердловской области нет водных транспортных путей к потенциальным потребителям лесопродукции. К тому же речные перевозки грузов носят сезонный характер. Поэтому функция доставки лесопродукции в регионе традиционно возложена на железнодорожный транспорт.

Но, как считают отраслевые специалисты, отдельные «новации» в системе железнодорожного транспорта страны, уже действующие в практике взаимоотношений, не способствуют использованию лесозэкспортного потенциала малых предприятий. К ним можно отнести следующее:

а) сокращение в ходе оптимизационных мер в ОАО «РЖД» количества товарных контор и соответственно количества станций, выполняющих погрузочно-разгрузочные операции. В итоге существенно возросло расстояние доставки груза до основного перевозчика;

б) создание (в процессе реформирования железнодорожного хозяйства) множества грузовых компаний вызвало отнюдь не усиление конкуренции на рынке транспортных услуг, а совсем наоборот. Стремление к получению коммерческой прибыли собственников этих компаний усложнило получение подвижного состава для отгрузки лесопродукции. Поскольку транспортировка нефтепродуктов, удобрений, угля и других грузов для них более выгодна, они часто отказывают лесным предприятиям в услуге;

в) существенный рост железнодорожных тарифов значительно увеличил долю транзакционных расходов в цене «франко-вагон станция назначения» всех групп лесоматериалов, сделав ее неконкурентной для межрегиональных рынков и зарубежья;

г) сложности при оформлении разрешительной документации на экспорт лесоматериалов в таможенных службах практически исключили возможность прямых поставок продукции малых лесных предприятий за рубеж;

д) введение повсеместного фитосанитарного контроля воздвигло дополнительные бюрократические барьеры для предпринимателей, не улучшив при этом экологической безопасности.

И это не весь перечень «бюрократических рогаток» на пути использования экспортного потенциала малого лесного бизнеса региона. Обещающая вступить в силу в России (по отдельным прогнозам уже в 2013 г.) глобальная лесная сертификация может вообще закрыть дорогу лесным материалам из страны на европейские рынки. Преподносимая международной организацией FSC (Forest Stewardship Council) как исключительное благо лесная сертификация может стать непреодолимым барьером для предпринимателей, не получивших в силу ряда причин такого документа. Пока понимание того, что главная цель повсеместной лесной сертификации заключается не в сохранении российских лесов, а в сборе разносторонней информации о лесном потенциале РФ и постоянном ограничении ее лесного экспорта [2] не вызовет адекватную реакцию со стороны государственных органов, о выходе со своей продукцией на внешние рынки малого лесного бизнеса говорить не приходится. А те отдельные малые предприятия, которые поставляют сегодня лесопродукцию за границу, получили такую возможность лишь благодаря личным связям с крупными экспортными фирмами-посредниками.

Таким образом, наращиванию объемов производства конкурентоспособной лесопродукции и техническому обновлению производства на малых предприятиях препятствуют межведомственные барьеры и ограничительные государственные меры,

особенно в части использования лесоэкспортного потенциала. Некоторые из них носят нарочитый характер и с экономических позиций нецелесообразны.

Библиографический список

1. Бирюков П.А., Сысоева С.А. Формат малого предпринимательства в лесопромышленном производстве // Лесной вестник. МГУЛ. 2008. № 3(60). С. 167-171.
2. Яковлев Александр. Темный лес. Кому выгодна лесная сертификация // Рос. лесн. вести. 2012. 13 апреля.

П.А. Бирюков, М.В. Кузьмина

УГЛТУ, Екатеринбург

eolk@usfeu.ru

Ю.М. Бунькова

ООО «Астра-Монолит», В.Пышма

yuliya-m18@mail.ru

ЛЕСНЫЕ АУКЦИОНЫ В РЕГИОНЕ – ИНДИКАТОР РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО БИЗНЕСА (TIMBER AUCTIONS IN THE REGION – THE INDICATOR OF DEVELOPMENT FORESTRY BUSINESS)

Систематизированы результаты лесных аукционов в 2008 и 2011 гг., с учетом дифференциации лесных территорий региона выявлены зональные тенденции в развитии лесопромышленного производства, имеющие значимость для прогнозирования эффективности лесного бизнеса.

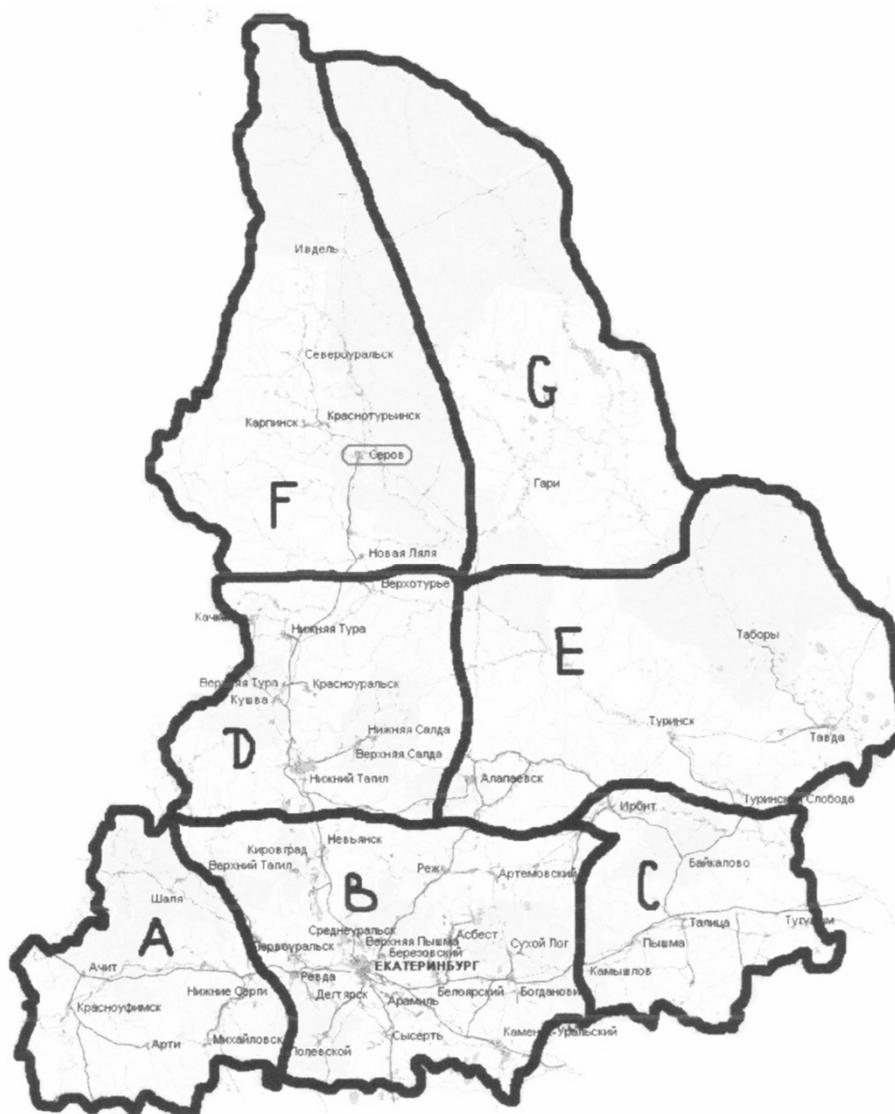
With regard to the Sverdlovsk region forest lands differentiation, results of the timber auctions for the years 2008 and 2011 have been systematized. Zone trends in development of forest industry are revealed, which have forecasting significance for the regional timber complex work efficiency.

Практика работы лесного комплекса после ввода в действие Лесного кодекса РФ (2006 г.) представляет постоянный интерес как для специалистов отрасли, так и для научных кругов. Результаты проведения лесных аукционов в Свердловской области в 2008 г. систематизированы, осмыслены и представлены в публикации трехлетней давности [1]. Обобщение данных по лесным аукционам, проведенным в регионе в 2011 г., позволяет на основе сложившихся за анализируемый период тенденций сделать некоторые выводы о механизме и объемах обеспечения лесным фондом лесопромышленных предприятий.

При обработке исходных данных применено зонирование – методический подход, заключающийся в выделении на территории области зон по признаку однородности естественно-природных и экономико-географических условий (рисунок).

Информация о результатах лесных аукционов дает представление о сущности и масштабах происходящих процессов (табл. 1). Количество выставленных лотов по продаже права на заключение договора аренды лесных участков в 2011 г. оказалось в

55,3 раза меньше, чем в 2008 г., а по объемам годового отпуска древесины – в 6,35 раза меньше.



Зональное районирование лесов Свердловской области

Таблица 1

Итоги лесных аукционов по продаже права на заключение договоров аренды лесов (2008, 2011 гг.)

| Зоны Свердловской области | Годы | Разыграно лотов (по кварталам) | | | | | Итого за год | Не разыграно | Всего лотов |
|---------------------------|------|--------------------------------|----|-----|-----|-----|--------------|--------------|-------------|
| | | I | II | III | IV | | | | |
| А - Западная | 2008 | 23 | 40 | 68 | 53 | 184 | 18 | 202 | |
| | 2011 | - | - | 1 | 2 | 3 | - | 3 | |
| В - Центральная | 2008 | 62 | 77 | 95 | 103 | 337 | 25 | 362 | |
| | 2011 | - | 2 | - | 5 | 7 | - | 7 | |
| С - Юго-восточная | 2008 | 28 | 97 | 102 | 106 | 333 | 60 | 393 | |
| | 2011 | - | - | 1 | 3 | 4 | - | 4 | |
| D – Горнозаводская | 2008 | 83 | 41 | 91 | 106 | 321 | 32 | 353 | |
| | 2011 | - | 2 | 2 | 6 | 10 | - | 10 | |

Окончание табл. 1

| Зоны Свердловской области | Годы | Разыграно лотов (по кварталам) | | | | | Не разыграно | Всего лотов |
|---------------------------|------|--------------------------------|-----|-----|-----|--------------|--------------|-------------|
| | | I | II | III | IV | Итого за год | | |
| Е – Лесопромышленная | 2008 | 93 | 140 | 229 | 160 | 622 | 52 | 674 |
| | 2011 | - | 5 | 4 | 10 | 19 | 2 | 21 |
| F – Северная | 2008 | 103 | 121 | 115 | 96 | 435 | 47 | 482 |
| | 2011 | - | 2 | - | - | 2 | - | 2 |
| G – Северо-восточная | 2008 | 58 | 25 | 44 | 56 | 183 | 6 | 189 |
| | 2011 | - | - | 1 | - | 1 | - | 1 |
| ИТОГО | 2008 | 450 | 541 | 744 | 680 | 2415 | 240 | 2655 |
| | 2011 | - | 11 | 9 | 26 | 46 | 2 | 48 |

Естественно, в предшествующий 2011 г. период (2008-2010 гг.) большая часть лесов уже «нашла» своих арендаторов. Так, по данным Департамента лесного хозяйства, на сегодняшний день в области заключено свыше 500 договоров аренды лесных участков с общим расчетным размером лесопользования 7,6 млн м³ в год. Кроме того, в последнее время наряду с аукционами по аренде лесных участков стали чаще (чем в 2008 г.) проводить аукционы по продаже права на заключение договоров купли-продажи лесных насаждений. Такие продажи разрешены в исключительных случаях: для государственных и муниципальных нужд, а также в случаях заготовки древесины гражданами для собственных нужд (для отопления, возведения строений и т.д.).

Особо «преуспели» в их организации как по количеству лотов, так и по объемам древесины, в Лесопромышленной (Е), Северной (F) и Северо-восточной (G) зонах, для которых не свойственна высокая плотность населения (табл. 2). Представители малого лесного бизнеса, имеющие нестабильное финансовое положение, только благодаря участию в подобного рода аукционах продолжили свою деятельность. Как стартовая, так и аукционная цены 1 м³ древесины оказались для предпринимателей приемлемыми, особенно при их сравнении с ценами аукционов аренды лесных участков. Учитывая наличие в области значительных площадей неарендованных лесов, прогнозируем в ближайшее время увеличение числа лесных аукционов «купи-продажи», в частности в лесах, где прошли пожары, ветровалы, где древесина повреждена насекомыми-вредителями.

Таблица 2

Результаты аукционов по продаже права на заключение договоров купли-продажи насаждений

| Зоны | Количество лотов | | Запас древесины, тыс.м ³ | | Средний размер лота, м ³ | | Цена за 1 м ³ древесины | | Индекс роста цен |
|-------|------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|------------------|
| | всего | из них разыграно | всего | из них разыграно | всего | из них разыграно | всего | из них разыграно | |
| A | 1 | - | 0,21 | - | 210 | - | - | - | - |
| B | 12 | 10 | 10,62 | 8,86 | 885 | 886 | 28,97 | 39,13 | 1,35 |
| C | 11 | 7 | 12,88 | 9,54 | 1171 | 1363 | 35,80 | 38,20 | 1,07 |
| D | 7 | 7 | 2,09 | 2,09 | 299 | 299 | 27,64 | 27,83 | 1,01 |
| E | 43 | 42 | 94,58 | 92,14 | 2200 | 2194 | 10,15 | 12,71 | 1,25 |
| F | 108 | 85 | 208,75 | 170,43 | 1933 | 2005 | 24,53 | 55,51 | 2,26 |
| И | 66 | 59 | 121,33 | 117,99 | 1838 | 2000 | 17,99 | 93,69 | 5,21 |
| Итого | 248 | 210 | 450,46 | 401,05 | 1816 | 1910 | 18,81 | 38,78 | 2,06 |

Наибольший интерес для лесопромышленников имеет динамика аукционных цен (табл. 3). Отмечаем, что за период 2008-2011 гг. возросли как стартовые, так и аукционные цены. Если в среднем по области стартовая цена возросла в 1,24 раза, то аукционная цена за то же время увеличилась в 1,83 раза. Кроме того, в разрезе экономических зон Свердловской области ситуация с уровнем цен очень показательна. Чрезмерный рост аукционной цены по сравнению со стартовой отмечен в Центральной (В) и Западной зонах (А) как в 2008 г. (в 3-4 раза), так и в 2011 г. (более чем в 7 раз). Эти зоны отличаются также самым высоким в области уровнем цен за 1 м³ древесины (400-500 руб. в 2011 г.).

Таблица 3

Рост аукционных цен на 1 м³ древесины при аренде лесов

| Зоны | Результаты аукционов 2008 г. | | | Результаты аукционов 2011 г. | | |
|-------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| | Стартовая цена, руб./м ³ | Аукционная цена, руб./м ³ | Индекс роста цены | Стартовая цена, руб./м ³ | Аукционная цена, руб./м ³ | Индекс роста цены |
| А | 54,45 | 106,67 | 1,96 | 57,06 | 199,85 | 3,50 |
| В | 69,5 | 231,88 | 3,33 | 70,63 | 516,74 | 7,32 |
| С | 47,20 | 220,92 | 4,68 | 55,30 | 403,79 | 7,30 |
| Д | 47,99 | 66,60 | 1,39 | 59,44 | 114,96 | 1,93 |
| Е | 45,38 | 68,87 | 1,52 | 50,79 | 76,80 | 1,51 |
| Ф | 52,84 | 72,54 | 1,37 | 75,86 | 94,55 | 1,25 |
| Г | 42,07 | 43,56 | 1,04 | 77,59 | 77,59 | 1,00 |
| Итого | 51,36 | 115,86 | 2,26 | 63,81 | 212,00 | 3,32 |

На наш взгляд, растущая цена аренды не только способствует снижению предпринимательского интереса в перспективе, но и росту задолженности по аренде у тех, кто уже победил в аукционах и «согласился» с такой ценой.

Задолженность по арендной плате предпринимателей государству имеет место не только в Свердловской области (на сегодняшний день она составляет 244 млн руб.), но и в других регионах страны: в республике Карелия (273 млн руб.), Ленинградской области (399 млн руб.) [2] и т.д.

Настрой чиновников лесного ведомства на получение высоких доходов в госбюджет при организации аукционов подрывает финансовые ресурсы участников лесного предпринимательства и сводит на нет их усилия развивать производство. Официальные угрозы должникам со стороны представителей Рослесхоза лишить их в судебном порядке арендованных лесных участков со временем будут осуществлены, появится основание для проведения новых лесных аукционов. Но наученные горьким опытом предшественников найдутся ли желающие в них участвовать?

Однако есть и другие способствующие развитию лесного бизнеса подходы к управлению лесами. Так, в Вологодской области в годы экономического кризиса для поддержания лесопромышленного производства снизили лесотаксовые разряды: плата за 1 м³ древесины была зафиксирована на уровне 41 руб. Возможно, именно этот факт послужил тому, что сегодня область занимает «второе место в числе регионов-лидеров по объемам производства деловой древесины» [3].

Представленная часть обработанных данных (см. табл. 1-3) дает достаточную информацию для осмысления ситуации и требует ее учета при принятии решений как представителями лесопромышленного производства, так и региональными чиновниками.

Библиографический список

1. Бiryukov П.А., Кузьмина М.В. Эффективность лесных аукционов // Матер. VIII междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. С. 195-198.
2. Крамских Антонина. Недоимки в полный рост // Рос. лесн. вести. 2012. 23 марта.
3. Сорокина Лариса. Хозяева тайги // Рос. лесн. вести. 2012. 23 марта.

А.А. Добрачев, А.В. Мехренцев, Е.Н. Стариков
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
a-dobr@mail.ru

**СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ
УРАЛЬСКОГО ЛЕСНОГО ТЕХНОПАРКА НА ПЕРИОД ДО 2016 г.
(STRATEGIC DIRECTION OF DEVELOPMENT OF
THE URAL FOREST TECHNOPARK 2016)**

Обосновывается необходимость формирования стратегии развития Уральского лесного технопарка как новой «точки роста», обеспечивающей инновационное развитие химико-лесного комплекса Уральского региона. Далее рассмотрены основные положения Программы развития Уральского лесного технопарка на период до 2016 г. и оценена расчетная экономическая эффективность ее реализации.

The article substantiates the need of working out a strategy of the Urals Forest Technology Park development as a new “growth point”, which provides innovative development of the Urals region chemical-timber industry. Further, the basic theses of the Urals Forest Technology Park Development Program for a period up to 2016 are reviewed and the economic effectiveness of its implementation is assessed.

Переход экономики Российской Федерации с экспортно-ориентированной модели, опирающейся на сырьевые факторы развития, на модель инновационного развития, основанной на создании высокой добавленной стоимости за счет реализации научно-технического потенциала, определен сегодня в качестве основного приоритета экономической политики страны. В рамках такой модели экономического роста инновации определяют развитие экономики как на государственном уровне, так и на уровне регионов и отдельных хозяйствующих субъектов.

По объемам промышленного производства и уровню развития научно-технического потенциала Свердловская область занимает лидирующие позиции в России. В то же время уровень инновационной активности, в том числе в сфере промышленного производства, не соответствует месту региона в экономике страны. Среди основных проблем текущего этапа развития регионального промышленного комплекса можно выделить следующие:

– удельный вес инновационной продукции составляет менее 10 % в общем объеме отгрузки товаров (услуг) собственного производства;

– производительность труда – порядка 700 тыс. руб. в год на одного занятого (по добавленной стоимости), что ниже мирового уровня в 2,5 раза и на 20 % ниже средне-русского показателя;

- степень износа основного технологического оборудования превышает 60 % (в отдельных отраслях и производствах – более 85 %);
- средний уровень загрузки имеющихся производственных мощностей – на уровне 55 % (в отдельных отраслях и производствах – менее 25 %);
- доля инновационно-активных предприятий не превышает 15 %;
- практически отсутствует система коммерциализации и внедрения в производство научных разработок;
- общая инвестиционная привлекательность в целом невысока.

Решение обозначенных проблем невозможно без существенного повышения уровня инновационной активности субъектов хозяйственной деятельности, развития и совершенствования инновационной инфраструктуры, создания соответствующего нормативно-правового поля. Кроме того, в соответствии со Стратегией социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 г. главной целью региональной научно-технической и инновационной политики определено создание эффективно действующего инновационного комплекса [1]. В этой связи вопросы развития инновационной деятельности, доработки и внедрения в производство научных разработок организаций отраслевой, академической науки и вузов, трансферта передовых технологий и инкубации малых высокотехнологичных производств приобретают в современных условиях высокую актуальность.

Одним из эффективных инструментов развития инновационной активности является создание научно-внедренческих и промышленных технопарков, которые наряду с бизнес-инкубаторами, венчурными фондами и инновационными центрами являются неотъемлемыми элементами инновационной инфраструктуры, свидетельствующими об уровне экономического развития и перспективах региона.

Химико-лесной комплекс не является базовой отраслью специализации промышленности Свердловской области. В то же время объем отгрузки продукции (товаров, услуг) собственного производства по кругу предприятий данных видов экономической деятельности по итогам 2011 г. превысил 6 % в общей структуре отгрузки продукции обрабатывающих отраслей промышленности региона, в том числе около 2 % составил вклад предприятий лесной отрасли. По запасам древесины Свердловская область занимает 16-е место в России. В области осуществляют производственно-хозяйственную деятельность более 470 предприятий лесопромышленного профиля, расположенных почти в каждом муниципальном образовании. В целом ряде населенных пунктов они являются социально значимыми и градообразующими. От их работы зависит решение не только экономических, но и социальных, экологических проблем территорий, небольших и удаленных населенных пунктов. Удельный вес регионального лесного комплекса в лесной промышленности России по основной продуктовой специализации составляет:

- вывозка лесоматериалов – 3,3 % (11-е место);
- производство пиломатериалов – 4,7 % (6-е место);
- производство фанеры – 7,8 % (3-е место);
- производство древесно-волоконистых плит – 3,2 % (13-е место);
- производство древесно-стружечных плит – 2,4 % (15-е место).

Наиболее острыми системными проблемами, резко снижающими эффективность развития лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности Свердловской области, являются:

- недостаточное развитие высокотехнологичных производств по глубокой механической и химической переработке древесного сырья;

- отсутствие достаточных для удовлетворения внутреннего спроса мощностей по производству высококачественной лесобумажной продукции;
- низкий уровень инновационного и технологического развития предприятий, не позволяющий эффективно использовать лесные ресурсы;
- низкое качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции, что влечет зависимость от импорта;
- высокий уровень износа основных производственных фондов – от 45 до 80 % по различным отраслям, подотраслям и производствам (наиболее высокий износ основных фондов отмечен на лесозаготовках; износ активной части основных фондов целлюлозно-бумажного производства – порядка 70 %; износ основного технологического оборудования на отдельных предприятиях лесного комплекса превышает 80 %).

В этой связи стратегически ориентированное развитие Уральского лесного технопарка – научно-производственной структуры УГЛТУ, ориентированной на разработку и промышленное освоение новых технологий, материалов, изделий новой техники и других инновационных продуктов для лесного комплекса Уральского региона, опирающееся на эффективное использование научно-технического потенциала вуза и сотрудничающих с ним научных и проектных институтов, Уральского филиала РАН, научно-производственных предприятий и организаций, – является важной народнохозяйственной задачей.

Кроме того, создание условий для организации и становления малых инновационных предприятий, временных творческих коллективов и ведения ими самостоятельной хозяйственной и инновационной деятельности по созданию и реализации наукоемкой товарной продукции можно считать вкладом УГЛТУ и Уральского лесного технопарка в реализацию Стратегии-2020 Свердловской области. Поскольку согласно Программе социально-экономического развития Свердловской области на 2011-2015 гг. развитие малого и среднего предпринимательства, в первую очередь в научно-технической и промышленной сферах, определено одним из основных инструментов достижения целей Стратегии-2020 [2].

Как показывает практика, программно-целевой метод и системный подход, основанные на реализации комплексных программ, разрабатываемых с учетом реального состояния и потребностей объекта управления, являются наиболее эффективными средствами при решении вопросов инновационного и научно-технического развития. В этой связи целесообразность разработки долгосрочных направлений стратегического развития Уральского лесного технопарка на основе реализации программно-целевого подхода к решению проблем развития инновационной инфраструктуры и малого инновационного предпринимательства в УГЛТУ не вызывает сомнений и, кроме прочего, определяется следующими факторами:

- 1) необходимостью реализации комплекса взаимоувязанных мероприятий по повышению результативности финансовых и материальных вложений в соответствии с целями и задачами Стратегии развития УГЛТУ на период 2012-2016 гг.;
- 2) наличием сложно решаемых и разнообразных по характеру проблем, с которыми сталкиваются субъекты малого инновационного предпринимательства в процессе своей деятельности;
- 3) важностью концентрации ресурсов на реализации мероприятий, соответствующих приоритетным целям и задачам в сфере развития малого инновационного предпринимательства с участием УГЛТУ, и коммерциализации объектов интеллектуальной собственности УГЛТУ.

В этой связи в марте 2012 г. ученым советом УГЛТУ была одобрена и рекомендована к реализации Программа развития Уральского лесного технопарка на период

2012-2016 гг. (далее – Программа), разработанная в соответствии с целями и задачами Стратегии развития университета.

Главной стратегической целью развития Уральского лесного технопарка в соответствии с Программой определено стимулирование и повышение эффективности инновационной и научно-внедренческой деятельности в УГЛТУ, развитие предпринимательской активности сотрудников и студентов и обеспечение коммерциализации научно-технического потенциала вуза путем создания малых инновационных предприятий с участием УГЛТУ. Достижение этой цели предполагается решением ряда задач, связанных с реализацией научно-технического потенциала УГЛТУ, формированием инфраструктуры и созданием благоприятных условий для развития малого инновационного предпринимательства с участием УГЛТУ, основными среди которых являются следующие.

1. Развитие системы информирования субъектов инновационной деятельности УГЛТУ.

2. Развитие инновационной инфраструктуры УГЛТУ.

3. Интеграция УГЛТУ в инновационную инфраструктуру УрФО; в том числе инфраструктурный ХАБ малого и среднего предпринимательства Свердловской области.

Для достижения цели и решения поставленных задач Программой предусмотрено выполнение комплекса мероприятий, которые сгруппированы по ряду направлений, а именно:

- организационные мероприятия;
- организация и участие в семинарах, выставках, конференциях и других конгрессных мероприятиях;
- подготовка и переподготовка кадров для инновационного бизнеса;
- разработка проектно-сметной документации на реконструкцию научно-производственной базы Технопарка;
- реконструкция и капитальное строительство;
- приобретение и монтаж оборудования для производства инновационной продукции;
- реализация инновационных и трансфертных проектов резидентами Технопарка.

Все мероприятия Программы носят имиджевый, экономический, образовательный, социальный и бюджетный характер.

В рамках выполнения организационных мероприятий предполагается создать систему документально-нормативного сопровождения деятельности Уральского лесного технопарка и выработать принципы организационного взаимодействия между Технопарком, структурными подразделениями и администрацией УГЛТУ, резидентами Технопарка и внешними контрагентами, включая органы государственной исполнительной и муниципальной власти субъектов УрФО.

Для оказания услуг инвестиционного посредничества и поддержки резидентам Технопарка предусмотрено создание инвестиционного фонда.

С целью обеспечения оперативности и повышения эффективности участия УГЛТУ и резидентов Технопарка в выставках, совещаниях, конференциях и семинарах запланировано создание постоянно действующей выставки инновационных проектов Технопарка.

Кроме того, графиком организационных мероприятий намечено создание Консалтингового центра УГЛТУ, деятельность которого будет направлена на расширение связей вуза с промышленностью и бизнес-сообществом путем оказания услуг по разработке производственно-экономических моделей развития бизнеса, управления организационной и инвестиционной деятельностью компаний, обучению персонала и пр.

На осуществление организационных мероприятий в период реализации Программы планируется затратить 73250,00 тыс. руб., в том числе 6000,00 тыс. руб. за счет собственных средств, 12750,00 тыс. руб. – за счет средств резидентов Технопарка и 54500,00 тыс. руб. – за счет средств внешних источников.

Мероприятия блока «Организация и участие в семинарах, выставках, конференциях и других мероприятиях» необходимы для формирования положительного имиджа УГЛТУ как современного инновационно ориентированного вуза, продвижения на внешних рынках продукции и услуг резидентов Технопарка, образовательных услуг и научной продукции УГЛТУ, а также расширения профессиональных контактов сотрудников и студентов УГЛТУ. На участие в семинарах, выставках, конференциях и других конгрессных мероприятиях в период реализации Программы планируется выделить 2500,00 тыс. руб., в том числе 1500,00 тыс. руб. собственных средств и 1000,00 тыс. руб. за счет средств резидентов.

Реализация мероприятий по подготовке и переподготовке кадров для инновационного бизнеса в первую очередь ориентирована на удовлетворение потребностей лесопромышленных предприятий и организаций УрФО в эффективных высококвалифицированных специалистах, обладающих широким кругом компетенций. Для выполнения этого блока мероприятий в период реализации Программы потребуется 2650,00 тыс. руб., в том числе 1350,00 тыс. руб. собственных средств и 1300,00 тыс. руб. – средств резидентов Технопарка. Вовлечение научно-педагогических кадров УГЛТУ и студенческого сообщества в инновационную деятельность позволит повысить общий уровень компетенций и рыночную конкурентоспособность специалистов.

Мероприятия по приобретению и монтажу оборудования для производства инновационной продукции, реконструкции и капитальному строительству научно-производственной базы Технопарка направлены на решение задачи развития инфраструктуры инновационной деятельности в УГЛТУ, что будет способствовать увеличению количества инновационных инициатив и в итоге повысит конкурентоспособность вуза, его финансовую самостоятельность и жизненный уровень работников. На выполнение этих мероприятий в период реализации Программы планируется затратить 43500,00 тыс. руб., в том числе 31000,00 тыс. руб. за счет собственных средств и 12500,00 тыс. руб. – за счет средств резидентов Технопарка.

Мероприятия по реализации инновационных и трансфертных проектов резидентами Технопарка обеспечивают решение задачи по интеграции УГЛТУ в инновационную инфраструктуру УрФО и деятельность инфраструктурного ХАБа малого и среднего предпринимательства Свердловской области. На выполнение этого блока мероприятий в период реализации Программы запланировано направить 31700,00 тыс. рублей, в том числе 25700,00 тыс. руб. – за счет средств резидентов Технопарка и 6000,00 тыс. руб. – за счет средств привлеченных источников.

Привлечение внешних инвестиций для организации инновационного процесса в УГЛТУ и увеличение количества субъектов малого инновационного предпринимательства, заключивших договора на осуществление производственно-хозяйственной деятельности в составе Уральского лесного технопарка, обеспечивает развитие материально-хозяйственной базы УГЛТУ и повышение эффективности использования научно-лабораторного, учебного и производственного фондов УГЛТУ.

В итоге реализация мероприятий Программы позволит повысить привлекательность УГЛТУ и сформировать его имидж как современного инновационного вуза, конкурентоспособного на рынке образовательных услуг и комфортного для осуществления научно-исследовательской деятельности.

Бюджетный эффект от реализации мероприятий Программы будет формироваться налоговыми поступлениями от малых инновационных предприятий, инкубированных в составе Уральского лесного технопарка, в бюджеты всех уровней.

Социальная эффективность мероприятий Программы выражается в создании новых высокопроизводительных, в том числе постоянных, рабочих мест, имеющих современное техническое оснащение, с уровнем оплаты труда работников выше среднего по экономике Свердловской области на 5-8 %.

Согласно экспертной оценке, выполнение Программы в полном объеме позволит по итогам 2016 г. достичь следующих результатов:

- обеспечить доведение не менее 10 научных разработок УГЛТУ до стадии промышленного освоения;

- создать не менее 12 новых малых инновационных предприятий с участием УГЛТУ для коммерциализации научных разработок структурных подразделений УГЛТУ;

- довести количество субъектов малого инновационного предпринимательства, заключивших договора на осуществление производственно-хозяйственной деятельности в составе Уральского лесного технопарка (резидентов Технопарка) до 22 участников (с учетом работающих на 31.01.2012 г. резидентов);

- обеспечить развитие не менее 5 субъектов малого инновационного предпринимательства – резидентов Технопарка до стадии ведения самостоятельного устойчивого бизнеса;

- вовлечь в процесс инновационного предпринимательства студенческое сообщество УГЛТУ (обеспечить создание не менее 7 субъектов малого инновационного предпринимательства, организованных студентами (или с их участием));

- увеличить в 5 раз вовлеченность профессорско-преподавательского состава УГЛТУ в инновационную деятельность в различных формах;

- привлечь не менее 60 500,00 тыс. руб. внешних инвестиций (включая бюджетное финансирование) для организации инновационного процесса в УГЛТУ;

- предоставить для размещения новых инновационных высокотехнологичных производств лабораторные и производственно-хозяйственные помещения, обеспеченные оборудованием и инфраструктурой, площадью не менее 4840,00 м²;

- довести к 2016 г. объем инновационной продукции, произведенной действующими резидентами Технопарка, до 70000,00 тыс. руб. в год;

- создать не менее 69 новых высокопроизводительных постоянных рабочих мест в инновационном бизнесе;

- обеспечить объем инвестиций, направленных инвесторами на реализацию научно-внедренческих, учебно-консультационных и производственных проектов, реализуемых резидентами Технопарка, на уровне не менее 50 950,00 тыс. руб.;

- привлечь в УГЛТУ не менее 17 грантов на выполнение научно-исследовательских работ и реализацию инновационных проектов Технопарка.

Таким образом, Программа развития Уральского лесного технопарка на период 2012-2016 гг., направленная на создание инновационной инфраструктуры УГЛТУ, правовое, информационное, маркетинговое и коммерческое сопровождение инновационных проектов и выступающая сегодня важнейшим элементом и инструментом реализации Стратегии развития УГЛТУ, будет в целом способствовать развитию конкурентной среды и общему повышению конкурентоспособности экономики Свердловской области.

Библиографический список

1. Постановление Правительства Свердловской области от 27 августа 2008 года № 873-ПП «О Стратегии социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 года» // Собр. законодательства Свердловской области. Екатеринбург, 2008. № 8-1. Ст. 1274.

2. Закон Свердловской области от 15 июня 2011 года № 36-ОЗ «О Программе социально-экономического развития Свердловской области на 2011 - 2015 годы» // Обл. газ. 2011. 17 июня. № 212-215.

А.А. Добрачев, Е.Н. Стариков
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
a-dobr@mail.ru

**УРАЛЬСКИЙ ЛЕСНОЙ ТЕХНОПАРК:
ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ
(THE URAL FOREST TECHNO PARK:
ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS)**

Рассмотрены основные этапы развития и направления деятельности Уральского лесного технопарка за период с 2007 г., включая участие в региональных программах, международное сотрудничество, выставочно-ярмарочную деятельность, организацию малых инновационных предприятий, и планы ближайшего периода.

The article describes the main stages in the development and directions of the Urals Forest Technology Park since 2007, including participation in the regional programs, international cooperation, exhibitions and fairs, the organization of small innovative companies, and plans for the next short period.

Характерной чертой современного развития общества является переход ведущих стран к этапу формирования инновационной экономики, базирующейся на генерации, распространении и использовании знаний. Инвестиции в интеллектуальный (человеческий) капитал и нематериальные активы превращаются в наиболее эффективный способ вложения ресурсов, занимающий все большую долю в активах крупных фирм и международных корпораций. Место России в мировых инновационных процессах пока не адекватно имеющемуся в стране интеллектуальному и образовательному потенциалу. Структура и состав кадров науки за период экономических реформ последних двух десятилетий претерпели значительные изменения, количество отраслевых научных и проектных учреждений, численность персонала, занятого исследованиями и разработками, снизилась почти на 60 %.

В этой связи в сложившейся ситуации особенно востребованным становится высокий интеллектуальный потенциал вузовской науки, который пока мало вовлечен в процесс формирования инновационной составляющей экономики нашей страны. Именно ученым и преподавателям вузов, аспирантам и студентам предстоит устранить разрыв междисциплинарных связей в инновационном цикле «фундаментальные исследования – прикладные исследования – промышленное производство». Поэтому организация в Уральском государственном лесотехническом университете научно-инновационной структуры «Уральский лесной технопарк» является адекватным ответом руководства вуза, коллектива факультетов и кафедр на требования времени и существующий запрос экономики. В отсутствие системного подхода в реализации государственной политики и целостного нормативно-правового обеспечения в сфере инновационной деятельности это был непростой шаг, но коллектив университета принял

решение отказаться от проведения «политики консервации и выживания» в пользу «политики развития и прогресса».

Согласно наиболее распространенному подходу под технопарком понимают организацию, осуществляющую формирование среды поддержки инновационного предпринимательства путем создания материально-технической, социально-культурной, сервисной, финансовой и иной базы для развития и подготовки к самостоятельной деятельности малых и средних инновационных предприятий, коммерческого освоения научных знаний, изобретений, ноу-хау и наукоемких технологий и передачи их на рынок научно-технической продукции. В этой связи технопарк предполагает наличие (или строительство) в рамках определенной территории офисных зданий и производственных помещений, а также необходимой жилищно-коммунальной, транспортной и телекоммуникационной инфраструктуры для создания малым и средним инновационным предприятиям – резидентам благоприятных организационных и производственных условий для ведения бизнеса, позволяющих сокращать издержки и улучшать финансовые показатели деятельности. Как показывает опыт других стран, технопарки являются эффективным средством развития инновационного сектора экономики, действенным механизмом разрешения кризисных ситуаций, способствуют экономическому процветанию целых регионов, обеспечивают создание десятков тысяч новых рабочих мест, чем обеспечивают значительный социальный эффект.

В мировой практике технопарки создаются при непосредственном участии профильных университетов и государственных научно-исследовательских институтов. Университеты являются основным источником притока в технопарки квалифицированных специалистов, выступают инициаторами, соисполнителями и заказчиками исследований и проектных разработок. Основная специализация технопарков – это производство наукоемкой, высокотехнологичной продукции, которую сложно разработать, начать выпускать и вывести на рынок без серьезной научно-исследовательской и стартовой финансовой поддержки. Именно поэтому задача технопарков заключается в объединении деятельности научно-исследовательских институтов и организаций, высших учебных заведений, коммерческих структур с привлечением финансовых организаций, бизнеса и органов государственной исполнительной власти.

Уральский лесной технопарк был организован как отдельное структурное подразделение ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» приказом ректора от 20 декабря 2007 г. № 313-А в соответствии с Программой создания и развития технопарков в Свердловской области на 2007 – 2009 гг., утвержденной постановлением Правительства области от 26 июня 2007 г. № 598-ПП.

Помимо формирования благоприятных условий для развития малого инновационного бизнеса в химико-лесном комплексе региона и содействия коммерциализации научных разработок вуза, организация Уральского лесного технопарка связана с необходимостью решения системных проблем развития отечественной лесной отрасли, ключевыми из которых являются:

- недостаточный уровень воспроизводства, защиты и охраны лесов;
- медленное развитие мощностей по глубокой механической, химической и энергетической переработке древесного сырья;
- использование устаревших технологий, машин и оборудования;
- отток квалифицированных кадров;
- недостаточная инновационная активность и инвестиционная привлекательность отрасли.

За истекшее время в Уральском лесном технопарке сложилось несколько направлений инновационной деятельности, зарегистрировано в качестве резидентов 10

малых предприятий научно-технического профиля, подготовлен солидный пакет инновационных предложений.

На первом этапе развития Уральского лесного технопарка в течение 2008 г. были разработаны концепция, организационная структура и основные нормативные документы, регламентирующие его деятельность. Среди инновационных проектов в этот период были выполнены исследования по технологии экологизированных рубок с использованием лесных комплексов «харвестер-форвардер» в Уральском регионе. В результате было подготовлено «Временное положение по использованию лесозаготовительных комплексов в лесах Урала», утвержденное Департаментом лесного хозяйства Свердловской области. Эта работа стала важным этапом в продвижении современных технологий лесопользования в регионе. Впервые внедренные в ЗАО «Фанком» и ОАО «Ново-Уральский ДОК» впоследствии они нашли широкое применение и на других лесных предприятиях области.

Осенью 2008 г. в составе Уральского лесного технопарка был создан учебный центр и введен в эксплуатацию компьютерный комплекс по обучению операторов агрегатных лесозаготовительных машин финской фирмы «Понссе», разработан учебный план и график курсов подготовки операторов, проведен первый выпуск. В учебный план лесоинженерного факультета была включена ознакомительная практика для студентов на этом оборудовании.

Также Уральским лесным технопарком были подготовлены предложения в План сотрудничества между Правительством Республики Беларусь и Правительством Свердловской области. В частности, был подписан протокол о сотрудничестве с компанией «Амкодор», в соответствии с которым была достигнута договоренность о трансферте машин и технологий ОАО «Амкодор» в лесной комплекс региона, проведена презентация комплекта машин «харвестер-форвардер» в ЗАО ПКФ «ЮТ» для технического персонала предприятий области. Эта работа продолжается и в настоящее время, идет согласование условий договора по созданию на базе тягача «Амкодор-5242» и манипулятора «БАКМ» универсальной погрузочной машины для использования на лесозаготовках, организовано малое предприятие для практического внедрения этих разработок.

Резидентом Уральского лесного технопарка Научно-технологическим центром трансферт-технологий лесного комплекса по заказу Правительства Свердловской области в 2008-2009 гг. был выполнен ряд научно-исследовательских работ общим объемом 7,3 млн руб.

В конце 2009 г. Уральский лесной технопарк вступил в следующую фазу своей научно-производственной деятельности. В связи с принятием Федерального закона от 2 августа 2009 г. № 217-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности» были подготовлены организационные документы для создания с участием УГЛТУ малых инновационных предприятий в статусе общества с ограниченной ответственностью. Кроме того, при непосредственном участии технопарка были разработаны учредительные документы Ассоциации деревянного домостроения Урала (далее – АДДУ) и проведено организационное собрание этой структуры. В настоящее время местом постоянной дислокации АДДУ определен Уральский государственный лесотехнический университет и в своей деятельности при реализации инновационных проектов АДДУ активно сотрудничает с Уральским лесным технопарком.

В этот же период Министерством экономики Свердловской области был разработан и предложен к реализации пилотный проект по созданию регионального лесо-

строительного кластера, основными организационными центрами которого выступили Уральский лесной технопарк и АДДУ.

В феврале 2010 г. было завершено создание трех малых инновационных предприятий (МИП), осуществляющих свою деятельность на основе научных разработок, запатентованных УГЛТУ.

1. МИП ООО «Бином» – предприятие по внедрению инновационной технологии очистки питьевых вод в условиях территорий техногенных промышленных центров. Подобная технология в мировой практике отсутствует. Реагенты используются для получения чистой питьевой воды, а также для очистки промышленных сточных вод металлургических и машиностроительных предприятий, поверхностных и ливневых стоков. Инновационная технология очистки воды, разработанная в УГЛТУ, прошла апробацию на промышленное применение и показала свою высокую эффективность на таких предприятиях, как ОАО «Уралмашзавод», ОАО «Уралнефтепродукт», ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» и в муниципальных образованиях Тюменской области – Советское и Октябрьское.

2. МИП ООО «Инлестех» – предприятие, занимающееся разработкой и внедрением технологии лесозаготовки на базе универсального манипуляторного лесного погрузчика. Разработанная в УГЛТУ технология производства на основе унифицированной базовой конструкции манипуляторного погрузочно-транспортного модуля ориентирована на замену тракторных челюстных погрузчиков, кранов, сортировочных лесотранспортеров и питателей цехов переработки одной базовой машиной. Внедрение такой унифицированной погрузочно-транспортной машины предполагает широкие возможности ее использования, существенное повышение эффективности лесозаготовок, определяя тем самым пути выхода предприятий лесного комплекса из сложившегося технологического тупика.

3. МИП ООО «Тензоскоп» – предприятие по производству оборудования для проведения тензоизмерений нагрузок и температур движущихся узлов машин. Разработанное в УГЛТУ оборудование является уникальным и предназначено для использования при осуществлении анализа нагрузок деталей машин в работе. Обычно такие измерения производятся в статике, что формирует неточные данные по нагружению, в результате чего расчеты прочности деталей машин оказываются недостаточно корректны.

Кроме указанных выше МИП, организованных в соответствии с Федеральным законом от 2 августа 2009 г. № 217-ФЗ, в составе Уральского лесного технопарка сегодня функционирует еще одно подобное предприятие – МИП ООО «Лесные инновации» (разработка и производство домов, малых архитектурных форм, мебели для школ, вузов, детских садов).

Производственно-хозяйственную деятельность ведет также целый ряд малых инновационных компаний и научно-производственных объединений:

- Инновационно-технологический центр лесного комплекса (направления деятельности – разработка и внедрение научных разработок);
- Центр подготовки операторов агрегатных лесных машин (направление деятельности – подготовка кадров);
- Учебно-консультационный центр экологической безопасности (направление деятельности – консультационные услуги и разработка программ в области экологической безопасности);
- ООО «Уралстройиндустрия» (направление деятельности – разработка проектов программ по развитию биоэнергетики в УрФО).

На протяжении всего периода своего существования Уральский лесной технопарк активно принимал участие в профильных выставках, форумах, симпозиумах и конгрессных мероприятиях, крупнейшие среди которых:

- Международный Евро-Азиатский лесной форум и выставка «Лесдревмаш-2008» (г. Москва, диплом II степени);
- II-IV Международные Евразийские симпозиумы (Екатеринбург, 2008-2010 гг., дипломы I-II степени);
- XV Межрегиональная выставка «Мебель для дома и офиса. Лес и деревообработка» (г. Уфа, диплом II степени);
- I научно-практическая конференция «Уральская деревня»;
- Международная выставка «ИННОПРОМ-2010» (г. Екатеринбург, диплом II степени);
- Международная выставка «Лесдревмаш-2010» (г. Москва, диплом II степени);
- Международная выставка «Лигна-2011» (г. Ганновер, Германия, диплом за инновации в лесном комплексе);
- Международная выставка «ИННОПРОМ-2011» (г. Екатеринбург, грамота);
- 40-я Международная выставка изобретений «INVENTIONS GENEVA» (г. Женева, Швейцария, 2012 г., две серебряные и бронзовая медали).

В 2010 г. у Уральского лесного технопарка появились первые международные партнеры. Были заключены соглашения о сотрудничестве в области природосберегающих технологий и соответствующих инновационных систем с Парком науки и бизнеса г. Лахти (Финляндия) и Парком науки г. Йоэнсуу (Финляндия).

20 октября 2011 г. был принят Закон Свердловской области №95-ОЗ «О технопарках в Свердловской области», которым регулируются отношения, связанные с предоставлением органами государственной власти Свердловской области государственной поддержки управляющим компаниям, базовым организациям и резидентам технопарков. Принятие этого Закона, безусловно, стало важнейшим событием в формировании инновационной инфраструктуры региона, определяющим перечень мер государственной поддержки и общий порядок их предоставления для содействия развитию одного из ее важнейших компонентов – технопарков. Данным Законом установлен ряд мер государственной поддержки для предоставления управляющим компаниям, базовым организациям и резидентам технопарков в Свердловской области и определены условия предоставления этих мер, основным из которых является включение в реестр технопарков Свердловской области.

В марте 2012 г. Министерство промышленности и науки Свердловской области, определенное уполномоченным исполнительным органом государственной власти Свердловской области в сфере предоставления государственной поддержки управляющим компаниям, базовым организациям и резидентам технопарков, провело аккредитацию организаций, заявившихся и претендующих на получение статуса технопарка. По результатам проведенной аккредитации Уральский лесной технопарк Уральского государственного лесотехнического университета был занесен в реестр технопарков Свердловской области под номером один. Безусловно, что успешное прохождение государственной аккредитации – это важнейшее событие в истории развития и становления Уральского лесного технопарка, позволяющее принимать участие в реализации региональных целевых программ и конкурсах на предоставление установленных законом мер государственной поддержки.

Также в марте 2012 г. ученым советом УГЛТУ была одобрена и рекомендована к реализации Программа развития Уральского лесного технопарка на период 2012-2016 гг., разработанная в соответствии с целями и задачами Стратегии развития университета, у-

верждены новое положение о его деятельности и новые составы наблюдательного и экспертного советов.

В 2012-2013 гг. предполагается дальнейший рост количества и объемов выпуска инновационной продукции резидентами Уральского лесного технопарка. Планируется организация трех малых инновационных предприятий на основе использования патентов УГЛТУ:

- МИП ООО «Легко» для разработки технологии и организации производства изделий спортивного и бытового назначения;
- МИП ООО «Меридиан» для организация регионального центра рекреационного туризма и подготовки инструкторов-спасателей;
- МИП ООО «Гея» для организации производства и реализации лечебных и тонизирующих напитков из экстрактов культур сада лечебных культур им. профессора Вигорова.

Кроме того, намечается вхождение в состав Уральского лесного технопарка малого предприятия «Уральский центр испытаний и сертификации лесопромышленной продукции».

В настоящее время готовится к реализации ряд инновационных проектов, важнейшие среди которых:

- реконструкция научно-производственной базы на территории Уральского учебно-опытного лесхоза УГЛТУ (пос. Северка);
- организация российско-германского предприятия по сборке машин УМЛТП (универсальный манипуляторный лесотранспортный погрузчик);
- организация производства микрокапсулированных добавок в цементы для промышленного и гражданского строительства.

Важный фактор развития Уральского лесного технопарка в средне- и долгосрочном периоде, обеспечивающий укрепление его связей с отраслевыми производственными структурами, связан с кадровой составляющей. Сегодня новые инновационные предприятия возглавляют молодые ученые, аспиранты и даже студенты, которым в ближайшие годы предстоит накапливать опыт научно-производственной и внедренческой деятельности, осуществлять на практике коммерциализацию научных разработок и продвижение на российский и международные рынки новых технических решений. Способствуя реализации и организуя эти процессы, Уральский лесной технопарк сможет занять свое достойное и уникальное место в научно-внедренческой инновационной структуре лесного комплекса Уральского федерального округа и обеспечить выход лесной отрасли региона на передовые позиции в технике и технологии лесопромышленного производства в России и в мире.

А.М. Долбня
УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ
alydolbnya@yandex.ru

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ (SOME PROBLEMS OF ENERGY FORESTRY)

Рассмотрены наиболее актуальные проблемы энергосбережения, вопрос перспективного направления – газогенерации и его преимущества.

We consider the most pressing problems of energy saving, the question of perspective directions of gas generation and its benefits.

Общеизвестным фактом является то, что одним из основных сырьевых ресурсов России является лес. В связи с усложнением добычи и транспортировки нефти, угля и газа, а также в связи с их исчерпанием в обозримом будущем, *российский лес* становится востребованным не только как источник высококачественных пиломатериалов, но и как источник возобновляемого энергетического сырья, поставляемого как на экспорт, так и для внутреннего потребления. При этом эти два направления использования лесных ресурсов способны при грамотном лесопользовании высокоэффективно дополнять друг друга и в некоторых случаях быть конкурентными [1].

Общеизвестно, что в европейской части РФ, вблизи больших городов, вдоль ТрансСибя и БАМа, лес в основном низкобонитетный; его заготовка в целях использования в деревообработке неэффективна. Основным выходом из данной ситуации в России являются проекты строительства дорог в малоосвоенных лесных регионах. При этом в отдаленные от места заготовки лесоперерабатывающие мощности из леса повезут только «сливки», оставляя до 50 % объема древесины в лесу в виде лесосечных отходов, сопутствующей осины и березы, дров и прочей малоценной древесины. В некоторых печатных изданиях пропагандисты сортиментной технологии так и предполагают повысить эффективность лесозаготовки. Такое лесопользование не может быть ни высокоэффективным, ни экологичным, ни экономичным [1].

Безусловно, строительство новых перерабатывающих мощностей в глухой тайге – дело затратное, особенно проблема строительства и обеспечения самих перерабатывающих заводов, и всей инфраструктуры энергетическими мощностями. Обеспечивать эти населенные пункты теплом (привозя туда уголь или мазут) и электричеством (подводом ЛЭП и выделением мощностей), как это делалось в советские времена, сегодня просто невозможно. Но существуют современные технические возможности для решения этих важных для функционирования поселка проблем. Центром жизнедеятельности отдаленного поселка/предприятия может быть современная автономная теплоэлектростанция, работающая на древесном сырье. Когенерационный (т.е. вырабатывающий и электричество, и тепло) энергоагрегат мощностью 5-6 МВт обеспечит все потребности и жилой, и промышленной сферы лесного поселка на 2 тыс. жителей. Известно, что эквивалентом 1 м³ мазута является 1,21 т угля, 2 т древесных гранул или 2,3 т щепы [1].

В российских лесных поселках давно работают котельные на дровах, есть и небольшие, до 5,5 МВт/ч, электростанции, принадлежащие *лесоперерабатывающим предприятиям* и работающие на всю промышленную и коммунальную сферу поселков. Но это направление энергетики в РФ не развито так, как в Америке или в Западной Европе, где сжигание биомассы с целью получения тепловой и электрической энергии на продажу в настоящее время очень популярно. Типичным примером является введенная в эксплуатацию в 2009 г. теплоэлектростанция в Германии. Генеральным поставщиком и проектировщиком данного объекта стали фирмы KAV TAKUMA GmbH und AE E Austrian Energy Environment AG, а финансирование объекта обеспечил SEB FINANS AB. Общая стоимость проекта составила 57 млн евро. Потребляя около 140 тыс. м³ древесины в год (приблизительно 60 тыс. т топлива) предприятие вырабатывает 157 тыс. МВт электроэнергии и около 115 тыс. т пара. По немецким масштабам ввод электростанции в эксплуатацию позволил обеспечить электричеством около 60 тыс. семей – 150 тыс. человек [2]!

Поставщиком оборудования по подготовке низкокачественного древесного сырья к сжиганию была выбрана фирма BRUKS Kloeckner GmbH.

Фирма BRUKS Kloeckner в данном проекте решила одновременно несколько задач: приемка щепы от сторонних поставщиков, рубка щепы из низкокачественной древесины с производительностью до 200 т/ч, отделение металлических примесей, камней и песка и негабаритных кусков, а также надежная постоянная подача щепы на склад электростанции [2].

Приемка щепы от сторонних поставщиков производится в бункер-накопитель емкостью 50 м³ со шнековой дозированной выдачей материала на скребковый транспортер. Поступающая древесина в круглом виде вначале укладывается на накопительный склад хранения, где она подсушивается до влажности 35–40 %. Затем бревна краном подаются на транспортер рубительной машины. Непосредственно перед рубительной машиной на специальном рольганге происходит отделение песка и камней. Барабанная рубительная машина с диаметром ротора 2000 мм производит до 200 т щепы в час, которая скребковым транспортером подается на участок сепарации. Здесь происходит отделение возможных металлических примесей и крупнокусковых отходов и подача топлива на склад объемом около 9 тыс. м³, где оно распределяется по бункерам хранения или подается непосредственно к одному из двух котлов на сжигание. Весь процесс происходит полностью автоматически и контролируется с пульта оператором электростанции и оператором крана или погрузчика.

Приведенный пример успешного энергоснабжения на древесном топливе не должен являться эталоном для российских лесопромышленников. В нашей стране давно и успешно ведутся разработки теплоэнергетики на древесине, а большинство лесопромышленных предприятий, особенно крупных, накопили достаточный опыт эксплуатации таких теплоэлектростанций. Известно, что наиболее значимые научные работы по газификации древесины принадлежат российским ученым [2].

Сегодня наиболее перспективным направлением организации теплоэнергоснабжения на лесопромышленном предприятии является газогенерация. Существуют два основных направления термохимической переработки углеродсодержащего сырья в энергоносители: пиролиз – термическое расщепление без доступа кислорода и окислительный пиролиз (или газификация) – термическое расщепление с доступом кислорода, как правило, кислорода воздуха. Именно в этом направлении и должна развиваться лесная энергетика.

Наиболее интересным нам представляется предложение компании «Технополис», которая предлагает технологию и оборудование для перевода котельных на твердое топливо посредством установки как оборудования газификации твердого топлива в стационарном слое, так и оборудования пиролиза отходов в расплавах солей или щелочей с последующей паровоздушной конверсией пиролизного газа. Установки газификации и пиролиза комплектуются оборудованием последующей очистки генераторного газа от пыли и масел, серосодержащих, хлорсодержащих и прочих загрязняющих веществ, оборудованием для прокачки генераторного газа по магистрали и стабилизации его давления [2].

Установки газификации и пиролиза не требуют в отличие от котлов кондиционного топлива (с определенными показателями влажности, содержания горючих веществ и золы, брикетированного определенным образом). Охлажденный и очищенный генераторный газ возможно транспортировать на расстояние до нескольких километров. Но высокий КПД газогенераторных энергоагрегатов требует применения поршневых двигателей для привода электрогенераторов; турбины на генераторном газе не работают. Разработка российских высокоэффективных низкооборотных газопоршневых двигателей является первоочередной задачей автономного электроснабжения лесных предприятий.

Одним из привлекательных решений для децентрализованного производства энергии является использование модульных установок в контейнерном исполнении. Основные преимущества генераторных агрегатов в контейнерном исполнении заключаются в отсутствии затрат на строительство здания ТЭЦ, простоте транспортировки, монтажа, а также пуска в эксплуатацию [1].

Библиографический список

1. Клименко В.Н., Мазур А.И., Сабашук П.П. Когенерационные системы с тепловыми двигателями: справ. пособие. В 3 ч. / под ред. А.И. Мазура; Ин-т прикладных исследований в энергетике. Киев: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2008.

2. Осипов В. А. Выпускник ЛТА. Начальник отдела сбыта концерна BRUKS // Собственная информация BruksGroup. URL.: http://www.Lestrade.ru/annonce/show/101/Nekotoryeproblemy_energoobespecheniya_lesnoy_otrasli (дата обращения 25.01.2011)

Ф.П. Зотов

УГЛТУ, Екатеринбург, РФ

fzotov@inbox.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЗАРУБЕЖНЫХ РЫНКАХ (COMPETITIVENESS MAINTENANCE OF PRODUCTS OF THE FOREST INDUSTRY IN FOREIGN MARKETS)

Практическое применение современных управленческих концепций представлено как обеспечение конкурентоспособности лесопромышленной продукции. В качестве аргумента приведены мероприятия мировых отраслевых лидеров.

The practical application of the modern management concepts as the competitiveness maintenance of products of the forest industry is presented. As the argument the activity of the international industry leaders is given.

Обеспечение конкурентоспособности продукции остается одной из главных задач расширения позиций российских предприятий ЛПК на внешних рынках.

Результаты конъюнктурных опросов руководителей предприятий промышленности, проводимых Институтом экономики переходного периода (ИЭПП), свидетельствуют о том, что конкурентоспособность российской промышленной продукции на рынках других стран пока остается низкой [1].

Общеизвестно, что конкурентоспособность поставляемого продукта определяется несколькими компонентами, важнейшими из которых являются:

- спрос;
- соотношение цены и качества;
- деловая репутация предприятия;
- состояние конкурентной среды [2].

Здесь следует отметить, что в российских предпринимательских структурах, включая лесопромышленные компании, потенциал конкурентоспособности связывают с наращиванием объемов производства. В основном объем производства увеличивается за счет вовлечения в производство незагруженных мощностей.

Руководители российских предприятий, где, как правило, отсутствует инновационная активность, продолжают искать причины, сдерживающие повышение конкурентоспособности их продукции (таблица).

Оценка причин, сдерживающих повышение конкурентоспособности
продукции российских промышленных предприятий [3]

| Факторы | Частота упоминаний, % |
|--|--------------------------|
| Недостаток инвестиций в основной капитал | 86 |
| Изношенность и отсутствие необходимого оборудования | 75 |
| Высокий уровень налогообложения | 73 |
| Неплатежеспособность потребителей продукции | 61 |
| Высокий процент коммерческого кредита | 57 |
| Высокая конкуренция со стороны: зарубежных предприятий / отечественных предприятий | 41/38 |

При этом на большинстве наших предприятий редко когда отмечают высокие производственные издержки, сопровождающие реализацию промышленной политики.

К числу дополнительных факторов, ограничивающих успешное продвижение российских товаров на внешние рынки, также традиционно относят:

- недостаток знаний и опыта работы в области законодательства о техническом регулировании;
- дискриминации в отношении российских экспортеров (картельные соглашения и пр.).

В этой связи интерес представляет обеспечение «борьбы за лидерство», которую проводят компании – мировые промышленные лидеры – для того, чтобы осуществить очередной рывок в этой борьбе. К числу мероприятий такого обеспечения относят мероприятия по неуклонному:

- обновлению номенклатуры продукции,
- повышению производительности труда,
- повышению гибкости производства,
- снижению всех видов затрат.

Ключевым направлением всегда выступает регулярный вывод на рынок качественно новых продуктов. В упомянутом перечне редко присутствуют направления работы, связанные, например, с заменой изношенных основных фондов или обновлением парка оборудования.

Безусловно, для воспитания приверженности руководителей наших предприятий «лидерским намерениям» потребуются практическое применение современных управленческих концепций. Все управленческие концепции (стандарты ISO 9001, бережливое производство, система шесть сигм и др.) нацеливают руководство предприятия на все те же лидерские направления работы, а именно:

- на тщательное изучение изменяющихся рыночных потребностей и достижение новых потребительских свойств в поставляемой на рынок продукции;
- неуклонное сокращение всех видов затрат на производство продукции;
- постоянное обновление номенклатуры выпускаемой продукции.

Представляется, что настойчивость в подборе и освоении нужных методик и инструментов из богатого инструментария, накопленного управленческой практикой применения этих концепций, и будет именно тем обеспечением конкурентоспособности продукции российских предприятий ЛПК, которое успешно продвинет ее на зарубежные рынки.

Библиографический список

1. Гайдар Е.Т. Кризисная экономика современной России. Тенденции и перспективы. М.: Проспект, 2010.
2. Окрепилов В.В. Эволюция качества. СПб.: Наука, 2008.
3. Важенин С.Г. Становление конкурентного поведения региона. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2004.

В.М. Кириченко, А.В. Пиджаков, С.В. Шаранудинова
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ

РАЗРАБОТКА БИЗНЕС-ПЛАНА ООО «ФОРТИС М» НА НОВУЮ СЕРИЮ МЕБЕЛИ ЭКОНОМ-КЛАССА (DEVELOPMENT OF THE BUSINESS PLAN OF JSC FORTIS M ON A NEW SERIES OF FURNITURE OF THE ECONOMY CLASS)

Разработан бизнес-план для предприятия ООО «Фортис М» на новый вид продукции, а именно на новую серию производимой мебели эконом-класса. На сегодняшний день ООО «Фортис М» занимает одно из лидирующих положений в своей отрасли на территории г. Асбест.

In this work the author developed the business plan for the JSC Fortis M enterprise on a new type of production, namely on a new series of made furniture of an economy class. Today JSC Fortis M occupies one of leading positions in the branch on the territory of Asbestos.

Это произошло в первую очередь благодаря персоналу – высококвалифицированным и опытным специалистам. Каждого ключевого сотрудника генеральный директор перед приемом на работу интервьюировал лично, и на протяжении всей деятельности компании не жалеет средств на обучение и сплочение коллектива. Но руководитель, способный сплотить коллектив и показать отличные результаты, часто не умеет продать свою идею. Его веры в собственное начинание хватает, чтобы привлечь первых инвесторов и ключевых сотрудников, но мало, чтобы убедить присоединиться других – тех, кто настаивает на более тщательной проверке перед принятием решения. Для многих начинаний, нуждающихся в финансовой поддержке, очень непросто представить идеи и личные качества предполагаемых участников в формате, необходимом для инвестора или кредитора.

Таким образом, одна из самых серьезных проблем, с которой сталкиваются предприниматели, заключается в подготовке и собственно написании бизнес-плана, но он категорически обязателен для любого бизнеса.

На сегодняшний день руководителем предприятия поставлена задача завоевания большей доли рынка путем создания линейки продуктов для семейного питания. Целью

бизнес-проекта является выпуск серии пристенной мебели «Этюд» (рис. 1) и серии спальных гарнитуров «Анжелика» (рис. 2), ввод в эксплуатацию нового оборудования, частичное отвлечение персонала для производства продукции и внедрения на рынок, укрепление позиций предприятия на рынке и обеспечение условий для увеличения объемов реализации.



Рис. 1. Пристенная мебель «Этюд»



Рис. 2. Спальный гарнитур «Анжелика»

Продукция ООО «Фортис М» отличается качеством благодаря высокому профессионализму работников предприятия и четкому соблюдению технологического процесса. Каждый этап технологического процесса находится под государственным и технологическим контролем. ООО «Фортис М» не останавливается на достигнутом, постоянно совершенствуется, разрабатывает новые модели и внедряет новые технологии в изготовлении мебели.

Несмотря на кажущуюся простоту производства со стороны, сам процесс должен быть очень точным и контролируемым. Высококвалифицированные технологи следят за производством на каждом его этапе, поскольку если произойдет ошибка на производстве, то компания понесет огромные убытки, связанные не только с потерей прибыли от данной партии. Если некачественный продукт попадет покупателю, то он откажется от продукции данной компании надолго. Поэтому компания следит за имиджем и технологией производства.

На данном этапе развития в январе 2012 г. руководством компании ООО «Фортис М» поставлена задача – разработать бизнес-план по выпуску и продвижению новой модели пристенной мебели «Этюд» (см. рис. 1) и спального набора «Анжелика» (см. рис. 2).

Целевой аудиторией продукта – пристенной мебели «Этюд» и спального набора «Анжелика» – предположительно будут люди среднего достатка. Согласно проведенным опросам потребление мебели среди данных групп населения составляет в среднем 60 % в год. Примерно 40 % этой потребности удовлетворяется конкурентом, таким образом, величина **неудовлетворенного** спроса составляет по комплекту пристенной мебели – «Этюд» 150 комплектов в год, по комплекту спального набора «Анжелика» – 80 комплектов в год. Прогноз объема реализации мебели с разбивкой по периодам проекта определен в табл. 1.

Таблица 1

Прогноз продаж

| Наименование мебели | 1-й год проекта на 2012 | | | | | 2-й год проекта на 2013 | | | | | Общие продажи тыс. руб. |
|--|-------------------------|------|------|------|--------------|-------------------------|------|------|------|--------------|-------------------------|
| | Кварталы, тыс. руб. | | | | Итого за год | Кварталы, тыс. руб. | | | | Итого за год | |
| | I | II | III | IV | | I | II | III | IV | | |
| Пристенная мебель «Этюд» | 3600 | 3500 | 3550 | 3960 | 14610 | 4350 | 4090 | 4220 | 4800 | 17460 | 32070 |
| Спальный набор «Анжелика» | 3200 | 3100 | 3150 | 3630 | 13380 | 3990 | 3750 | 3870 | 4380 | 15990 | 29370 |
| Общая выручка от продаж, тыс. руб. | 6800 | 6600 | 6700 | 7590 | 27990 | 8340 | 7840 | 8090 | 9180 | 33450 | 61440 |
| Примечание. Пристенная мебель «Этюд» – планируемая продажа 80 комп. в месяц. Стоимость 1 комп. – 15000 руб. Спальный набор «Анжелика» – планируемая продажа 50 комп. в месяц. Стоимость 1 комп. – 22000 руб. | | | | | | | | | | | |

Оценка уровня конкурентоспособности предприятия осуществлена с использованием балльного метода с учетом коэффициентов весомости в табл. 2.

Таблица 2

Оценка конкурентоспособности предприятия

| Факторы | Коэффициент весовой значимости | ООО «Фортис М» | | Конкуренты | |
|---|-----------------------------------|----------------|--------|------------|--------|
| | | баллы | оценка | баллы | оценка |
| 1. Доля рынка, % | 0,20 | 5 | 1,00 | 4 | 0,80 |
| 2. Средняя стоимость выпускаемой мебели, руб. | 0,40 | 5 | 2,00 | 4 | 1,60 |
| 3. Качество продукции | 0,25 | 5 | 1,25 | 4,5 | 1,13 |
| 4. Уровень известности предприятия | 0,15 | 5 | 0,75 | 5 | 0,75 |
| Итого: | 1,00 | 20 | 5,00 | 17,50 | 4,28 |
| Примечание. Оценка произведена по пятибалльной системе. | | | | | |

Относительный показатель преимуществ предприятия ООО «Фортис М» по сравнению с конкурентом можно вычислить по формуле

$$П = B_{П} / B_{К},$$

где $B_{П}$ – балльная оценка предприятия ООО «Фортис М»,

$B_{К}$ – балльная оценка конкурента.

$$П = 5,00 / 4,28 = 1,168.$$

Превышение преимуществ предприятия над преимуществами конкурента составляет 1,168 %, что свидетельствует о целесообразности пребывания на данном рынке.

В своей деятельности ООО «Фортис М» придерживается стратегии роста посредством развития высококонкурентного бизнеса на быстрорастущем рынке.

Географическое распространение продуктов компании будет первоначально происходить в городе Асбест и его окрестностях.

В области конкурентной борьбы ООО «Фортис М» придерживается стратегии ценовой конкуренции. При определении цены на услуги использован метод ценообразования с ориентацией на конкуренцию. Качество продукции основного конкурента и ООО «Фортис М» примерно одинаковое, поэтому цена может быть установлена на уровне текущих цен конкурентов. Однако, придерживаясь стратегии глубокого проникновения на рынок и завоевания большего числа потребительских предпочтений, следует установить цены ниже уровня конкурентов.

Сбытовая политика ООО «Фортис М» – одноуровневые и многоуровневые каналы распределения. К одноуровневым каналам относятся магазины фирменной торговли, к многоуровневым каналам – дилеры и мебельные магазины в целом.

Коммуникативная политика занимает особое место в маркетинговом комплексе. Чаще именно с ней отождествляют всю маркетинговую деятельность предприятия. Поэтому руководству фирмы очень важно серьезно подойти к рассмотрению этого вопроса.

Стратегия ООО «Фортис М» должна преследовать двойную цель. С одной стороны, сохранять и укреплять уже достигнутое положение на рынке по производству мебели. Для этого можно создавать дополнительное предложение, которое бы реагировало на изменение потребительского спроса в рамках уже производимых новых серий мебели. С другой стороны, нужно будет формировать умоглядный образ новой серии пристенной мебели «Этюд» и спального набора «Анжелика», выходящий за рамки традиционного продвижения известных изделий, который бы учитывал стремление людей к комфортности своего жилья, а также позволял существенно разнообразить обстановку в квартире, коттедже, доме.

Для достижения второй цели можно порекомендовать ООО «Фортис М» проводить промоакции (в летнее время) в крупных мебельных магазинах г. Асбеста и г. Екатеринбург с целью ознакомления потребителей с новыми моделями и для повышения продаж в весенне-летний период на новые и продаваемые модели устраивать продажи со скидками по акциям ООО «Фортис М». В период увеличения продаж также следует организовать рекламную кампанию.

Задачами рекламной кампании являются:

- формирование потребности в производимой мебели;
- побуждение потребителя обратиться к ассортименту данного производителя;
- стимулирование сбыта;
- формирование у потребителя определенного образа фирмы.

Для решения данных задач проектируются следующие виды рекламы:

- имидж-реклама;
- стимулирующая реклама.

Планируется использование таких рекламных средств, как реклама в прессе, радиореклама, телевизионная и наружная реклама. Руководство ООО «Фортис М» намеревается поддерживать связи с общественностью, имеющиеся в настоящее время, в частности продолжить участие в радиопередачах, работу с местными группами по интересам, публикацию статей. При этом руководство будет официально представлять свою компанию, что обеспечит полное и адекватное освещение деятельности компании в средствах массовой информации. Тематика выступлений охватит такие вопросы, как уникальность концепции, качество продуктов, богатый опыт и глубокие знания сотрудников.

Бюджет рекламы составит 84 тыс. руб. в квартал.

Хороший бизнес-план должен начинаться с описания ситуации в отрасли, и в бизнес-плане ООО «Фортис М» это описание выполнено кратко и четко. Приводятся и общие соображения, и конкретная статистика, поэтому читатель бизнес-плана получит представление как о рынке в целом, так и о конкретном предприятии. Данный бизнес-план был представлен инвестору на рассмотрение для выделения необходимой суммы в размере 6 млн руб. для реализации проекта в 2012-2013 гг. Перед представлением полного бизнес-плана инвестору было подписано Соглашение о конфиденциальности, чтобы избежать возможность утечки информации в условиях рыночной конкуренции.

В.В. Мезенова, Н.К. Прядилина, А.Н. Боталова
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
Lotos_nk@inbox.ru

**ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА МАЛЫХ
ЛЕСОПИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ЕКАТЕРИНБУРГА
ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКОВ
ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА
(HOME-PRODUSED BANDSAWS USED
ON YEKATERINBURG SAWMILLS EVALUATION)**

Правильный выбор лесопильного оборудования – основа успеха предприятий малого лесопиления.

The correct choice of machine tool equipment is the foundation of the success of saw-mills.

За последние несколько лет в российском лесопильном комплексе увеличилось количество мелких и средних предприятий, на долю которых приходится большая часть произведенных пиломатериалов в стране. На сегодняшний день малое лесопиление остается низко рентабельным, одна из причин этого – его невысокий технический уровень.

Технология малого лесопиления базируется на применении ленточнопильных и круглопильных станков малой мощности. Применение современных технологий ленточного пиления позволяет повысить выход пиломатериалов до 90 %, что непосредственно влияет на рентабельность малых предприятий и состояние российского лесопиления в целом. Таким образом, производство ленточнопильных станков является необходимым условием эффективного оснащения малого лесопиления.

Самое важное требование субъектов малого лесопиления к изготовителям основного оборудования – это оптимальное соотношение цены и качества. Ленточнопильные станки (установки) внешне как близнецы похожи друг на друга и в основном отличаются качеством изготовления. В табл. 1 приведены сравнительная характеристика известных отечественных марок ленточнопильных станков и их производители. Объектом нашего исследования является ОАО НПП «СТАРТ», выпускающий станки «СТАРТ-3».

Таблица 1

Сравнительная характеристика ленточнопильных станков

| Показатели | «Зубр-4» ООО «Машино-строительный завод «Зубр» (г. Тюмень) | «Атлант» Производственное объединение «Аликом» (г. Пермь) | МАСТЕР 2000-05 ООО «Мастер» (г. Санкт-Петербург) | ЛС-3 ООО «Тондо» (г. Санкт-Петербург) | «СТАРТ-3» ОАО НПП «СТАРТ» (г. Екатеринбург) |
|--|--|---|---|---|---|
| 1. Максимальная длина бревна, м | 7,2 | 6,5 | 7,5 | 6,5 | 6,8 |
| 2. Максимальный диаметр бревна, м | 1,15 | 0,85 | 0,9 | 0,7 | 0,82 |
| 3. Толщина пропила, мм | 1,5 | 4 | 2,2 | 2 | 1,5 |
| 4. Потребляемая мощность, кВт | 11 | 11 | 18 | 7,5 | 11 |
| 5. Производительность, м ³ (за смену 8 ч) | 6,7 | 7 | 9,6 | 5 | 8 |
| 6. Масса общая, кг | 1070 | 910 | 3600 | 500 | 960 |
| 7. Диаметр шкивов, мм | 650 | 600 | 850 | 482 | 650 |
| 8. Ширина пильного полотна, мм | 20 | 30 | 35 | 32 | 35 |
| 9. Длина пильного полотна, м | 3,5 | 3,5 | 6,7 | 4 | 4 |
| 10. Линейная скорость пильного полотна, м/с | 25 | 36 | 40 | 15 | 30 |
| 11. Цена, тыс. руб | 197 | 167 | 288 | 140 | 296 |

Использование метода ранжирования позволило определить конкурентные возможности ленточнопильного станка «СТАРТ-3». Ранжирование производилось по каждой категории признаков. Оценка велась по пятибалльной системе. Полученные результаты сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты ранжирования

| Показатели | Ранг значимости параметра | «Зубр-4» | «Атлант» | «МАСТЕР 2000-05» | «ЛС-3» | «СТАРТ-3» |
|--|---------------------------|----------|----------|------------------|----------|-----------|
| 1. Максимальная длина бревна, м | 1 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 2. Максимальный диаметр бревна, м | 2 | 5 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| 3. Толщина пропила, мм | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 4. Потребляемая мощность, кВт | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 |
| 5. Производительность, м ³ (за смену 8 ч) | 4 | 2 | 3 | 5 | 1 | 4 |
| 6. Масса общая, кг | 1 | 4 | 3 | 5 | 2 | 3 |
| 7. Диаметр шкивов, мм | 1 | 4 | 4 | 5 | 2 | 3 |
| 8. Ширина пильного полотна, мм | 1 | 2 | 3 | 5 | 4 | 5 |
| 9. Длина пильного полотна, м | 1 | 3 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 10. Линейная скорость пильного полотна, м /с | 1 | 2 | 4 | 5 | 1 | 3 |
| 11. Цена, тыс. руб | 5 | 3 | 4 | 2 | 5 | 2 |
| Средний ранг | - | 90 | 86 | 103 | 79 | 91 |
| Конкурентная позиция | | 3 | 4 | 1 | 5 | 2 |

Исходя из результатов проведенного анализа, можно сделать вывод, что ленточнопильный станок «Старт-3» имеет вторую конкурентную позицию и проигрывает станку «Мастер» (самому конкурентоспособному) только по цене.

Далее были выполнены расчеты по использованию в лесопильном производстве двух видов лесопильного оборудования – наивысшей ценовой категории («Старт-3») и наинизшей ценовой категории («ЛС-3»).

Для оценки сравнительной экономической эффективности при рассмотрении двух вариантов учитывались себестоимость 1 м³ полученных пиломатериалов, стоимость владения и другие показатели.

Для расчета эффективности ЛПУ «Старт-3» были использованы данные, полученные в результате типовых испытаний, проводимых на предприятии ОАО НПП «СТАРТ». Данные для расчета проекта с использованием ЛПУ «ЛС-3» установлены согласно опыту компании ИП «Зодчий» (Екатеринбург), где использовалось данное оборудование.

На основе результатов исследования сделан вывод, что при прочих равных условиях себестоимость 1 м³ пиломатериала при варианте использования ЛПУ «Старт-3» ниже на 578 руб., чем при варианте использования «ЛС-3», вследствие:

- 1) более высокой сменной производительности ЛПУ «Старт-3» относительно ЛПУ «ЛС-3» (8 м³ против 5 м³), следовательно, большего годового объема производства;
- 2) меньших простоев по причине ремонта оборудования;
- 3) высокого качества и геометрии получаемой доски, что дает возможность извлечь большую прибыль за счет более высокой цены качественных пиломатериалов.

Организация производства пиломатериала на базе ЛПУ «ЛС-3» при предложенных условиях оказалась нецелесообразной.

При установлении стоимости владения ЛПУ «СТАРТ-3» и «ЛС-3» для сопоставимости вариантов расчет сделан на период 10 лет (табл. 3., табл. 4).

Таблица 3

Суммарные затраты на приобретение оборудования

| Наименование оборудования | Срок полезного использования, лет | Количество приобретенного оборудования за 10 лет, шт. | Цена оборудования, тыс. руб. | Затраты на приобретение оборудования за 10 лет, тыс. руб. |
|---------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------|---|
| ЛПУ «ЛС-3» | 4 | 2,5 | 140,00 | 385,00 |
| ЛПУ «Старт-3» | 10 | 1 | 296,00 | 323,00 |

Таблица 4

Стоимость владения и упущенная выгода

| Показатели | ЛПУ «ЛС-3» | ЛПУ «Старт-3» |
|--|------------|---------------|
| Стоимость владения | | |
| Затраты на покупку оборудования за 10 лет, тыс. руб. | 385 | 323 |
| Затраты на ремонт оборудования за 10 лет, тыс. руб. | 148 | 131 |
| Итого стоимость владения, тыс. руб. | 533 | 454 |
| Упущенная выгода | | |
| Потери от простоев, связанных с ремонтом оборудования, в год (невыпущенная продукция), тыс. руб. | 828 | 332 |
| Стоимость 1 м ³ произведенных необрезных пиломатериалов в зависимости от сортности, руб. | 3892 | 3314 |
| Потери по сортности с 1 м ³ произведенных пиломатериалов на ЛПУ «ЛС-3» относительно ЛПУ «Старт-3», руб. | 265 | 0 |
| Потери от сортности на годовой объем производства (1000 м ³), тыс. руб. | 265 | 0 |
| Итого потерь за год, тыс. руб. | 1093 | 332 |

Расчетами было доказано, что ориентация предпринимателя на ценовой критерий может оказаться ошибочной.

При выборе вариантов использования ЛПУ на малых лесопильных предприятиях следует комплексно подходить к оценке, учитывая не только затраты на приобретение оборудования, но и стоимость владения и упущенные возможности.

По сравниваемым вариантам видно, что стоимость владения ЛПУ «Старт-3» по истечении 10 лет, несмотря на более высокую цену, на 79 тыс. руб. ниже, чем стоимость владения ЛПУ «ЛС-3». Это связано с длительным сроком полезного действия «Старт-3» и высокой надежностью данного оборудования. Упущенная выгода при эксплуатации «Старт-3» в год ниже на 761 тыс. руб., что связано с более высоким качеством, получаемых на этом оборудовании пиломатериалов, а также минимальными потерями времени на ремонт оборудования.

*А.А. Добрачев, А.В. Мехренцев, А.А. Мехренцева
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
В.Я. Тюменцев*

*Министерство промышленности и науки
Свердловской области, Екатеринбург, РФ*

РЕСУРСЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ (RENEWABLE ENERGY RESOURCES IN THE MIDDLE URAL)

Переоборудование котельных с искомого топлива на биотопливо с их одновременной реконструкцией может уменьшить выбросы парниковых газов, вовлекая больше отходов древесины в производство, и увеличить эффективность лесного сектора.

Refitting boiler rooms from fossil fuels to biofuels with their simultaneous reconstruction can reduce greenhouse gas emissions, involving most of the timber waste into the production and increasing the efficiency of the forest sector.

Возобновляемые энергетические ресурсы (ВЭР) – источники получения энергии, главным образом тепловой, которые являются продуктами взаимодействия солнечной энергии и геосферы. К ним относятся растения, солнечная энергия, кинетическая энергия ветра, воды, продукты окисления растений и биологической деятельности человека и животных. В отличие от ископаемых энергоресурсов – угля, сланцев, нефти и газа – запасы возобновляемых источников неистощимы, хотя и ограничены в объемах.

Перевод котельных с ископаемых видов топлива на биотопливо с их одновременной реконструкцией позволяет получать единицы сокращенных выбросов парниковых газов и продавать их иностранным инвесторам, одновременно вовлекая в производство большую часть отходов лесозаготовки и повышая эффективность работы лесной отрасли. Доход, который может быть получен от реализации единиц сокращенных выбросов, как показывают расчеты, значительно больше затрат на реконструкцию энергообъектов. Однако здесь следует учитывать два фактора:

- во-первых, деньги от реализации сокращенных выбросов инвесторы могут начать перечислять лишь после запуска котельной, т.е. для реконструкции необходима финансовая отсрочка;

- во-вторых, существует преграда проникновения на углеродный рынок: минимальный годовой объем сокращенных выбросов составляет 50 000 т. Для сравнения: годовая масса выбросов 4 МВт котельной варьируется в пределах 8000–12 000 т.

Для преодоления этих проблем в РФ разработана интегрированная система, позволяющая осуществлять системную реконструкцию коммунальных котельных за счет средств от механизмов Киотского протокола. Ведущей организацией в данном механизме является государственная компания – Государственный углеродный актив (Карбоновый фонд), которая занимается разработкой зонтичных углеродных проектов и координацией работы частных биоэнергетических компаний, реконструирующих котельные. С учетом требований инвесторов Государственный углеродный актив организует выбор управляющих компаний для разработки и реализации проектов реконструкции котельных с переводом на биотопливо. Управляющая компания подбирает котельные и реконструирует их (переводит на щепу). Финансирование реконструкции обеспечивает Государственный углеродный актив за счет кредита, полученного от инвестиционного фонда.

После запуска котельная передает единицы сокращенных выбросов управляющей компании, а та, в свою очередь, Государственному углеродному активу в обмен на вознаграждение. Государственный углеродный актив их суммирует и реализует иностранному инвестору в рамках зонтичного проекта. Из полученного финансового потока актив возвращает кредит в инвестиционный фонд.

При оценке реализации программы надо исходить из двух основных факторов: потребностей в теплоэнергии коммунальной сферы и объемов сырьевых ресурсов. Проведенный нами анализ показал, что энергетические потребности значительно превосходят имеющиеся сырьевые возможности.

В России функционируют более 65000 источников теплоснабжения, из них в муниципальной собственности находится не менее 40 тыс. Количество теплоэнергии, вырабатываемой этими котельными от сжигания твердого и жидкого топлива – 507 477 ТДж. Их перевод на биотопливо позволил бы получить 1,2 млрд т сокращенных выбросов углекислого газа.

Учитывая сырьевые возможности регионов (объем лесосечных отходов) как лимитирующий фактор и их энергетические потребности, можно сказать, что реализация программы по переводу котельных на щепу позволит реконструировать максимально 9362 котельные с суммарной мощностью 18 724 МВт. По укрупненным расчетам затраты на реконструкцию этих котельных (при переводе на щепу) составят 1872,34 млн евро.

При переводе одних только угольных котельных на биотопливо сумма предотвращенных выбросов составит 696,1 млн т CO₂. В зависимости от цены за единицу сокращенных выбросов возможно несколько вариантов развития событий. При цене 12 евро/т CO₂ срок окупаемости составит 6,5 лет (в программе предусмотрено, что ежегодно допускается переводить не более 900 котельных на биотопливо; при одномоментном переводе срок окупаемости составил бы чуть более 3 лет), выручка от реализации будет 8353,31 млн евро, а ожидаемый доход (за вычетом затрат на реконструкцию) – 6480,98 млн евро.

Выполнение данной программы позволит России занять значительную долю международного углеродного рынка, снизить издержки на его развитие внутри страны, повысить уровень использования лесных ресурсов и улучшить состояние коммунальной теплоэнергетики страны.

Основу ресурсной базы растительной биомассы для энергетического использования в России составляют главным образом огромные запасы древесины и торфа; побочные продукты сельскохозяйственного производства едва ли следует принимать во внимание. По экспертным оценкам величина отходов древесной биомассы, образующихся в лесопромышленном комплексе России, составляет приблизительно 200 млн т в год, но, по нашим расчетам, этот показатель завышен почти вдвое. В 1985 г. в СССР ресурсы древесных отходов оценивались в 96,68 млн м³. Вес одного плотного кубического метра древесины в среднем составит 680 кг, а с учетом процентного содержания и коэффициентов разрыхления отходов лесопереработки вес следует принимать в пределах 460 кг/м³. Следовательно, вес отходов древесной заготавливаемой и перерабатываемой биомассы составит 44 млн т в год без учета древесины, получаемой при рубках ухода.

При расчете сырьевой составляющей было выявлено, что объем лесозаготовки 2011 г. дает возможность использовать 57,2 млн м³ древесины (сучьев, ветвей, вершин, порубочных остатков и иных отходов лесозаготовительного процесса). Однако их калорийность составляет только 55 % от потребности (280 717 ТДж), и далеко не все угольные, мазутные и дизельные котельные могут быть переведены на щепу в рамках данной программы.

Структура отходов лесозаготовок и деревообработки сегодня существенно изменилась. Отходы при заготовке древесины составляют в среднем 22 % от объёмов лесозаготовок, еще 16 % дровяной древесины прирастает при первичной ее обработке, и порядка 43 % составляют отходы, получаемые в лесопилении и деревообработке. Не учитывается здесь и древесина от рубок ухода, объемы которой в настоящее время неизвестны; нет данных о рубках под промышленные объекты и транспортные магистрали. Таким образом, если принять объемы лесопользования в России порядка 140 млн м³ в год, то объем низкотоварной дровяной древесины и отходов лесозаготовок составит порядка 53,2 млн м³. С учетом отходов переработки древесины на лесопилении (без учета плитных и бумажных производств) в объемах 22,4 млн м³ получим дополнительно или 24,5 млн т топлива, или 6,78 млн т условного топлива (т.у.т.).

Потребительский рынок биоэнергии в РФ находится в стадии становления. По-прежнему наибольший удельный вес в древесном топливе приходится на дрова для отопления индивидуального и муниципального жилья, далее следует топливо для тепловых мощностей самих лесопромышленных и деревообрабатывающих предприятий, и только около процента составляют топливные концентраты, или так называемое нормированное топливо (брикеты, пеллеты).

Расчётная лесосека по Свердловской области составляет 21,4 млн м³, объемы заготовки в 2011 г. составили 7,5 млн м³, из которых 1,1 млн м³ заготовлено для частных нужд.

Доля лесопромышленного комплекса Свердловской области в России составила: вывозка лесоматериалов – 3,3 % (11-е место), пиломатериалы – 4,7 % (6-е место), фанера – 7,8 % (3-е место), древесно-волоконные плиты – 3,2 % (13 место), древесно-стружечные плиты – 2,4 % (15-е место).

Доля продукции, произведенной предприятиями лесопромышленного комплекса, в общем объеме промышленного производства Свердловской области составляет 1,2 %. Предприятия лесного комплекса работают почти в каждом муниципальном образовании Свердловской области, в ряде населенных пунктов они являются социально значимыми и градообразующими. От работы этих предприятий зависит решение не только экономических, но и социальных, экологических проблем территорий, небольших и удаленных населенных пунктов (табл. 1).

Таблица 1

Структура перерабатывающих производств ЛПК
Свердловской области

| Показатель | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Объём производства продукции в натуральном выражении: | | | | |
| фактическая рубка, млн м ³ | 6,5 | 6,65 | 7,0 | 7,5 |
| пиломатериалы, тыс. м ³ | 0,84 | 0,66 | 0,5 | 0,46 |
| древесно-волоконные плиты, млн м ² | 13,34 | 12,43 | 12,67 | 13,04 |
| древесно-стружечные плиты, тыс. м ³ | 78,7 | 70,5 | 65,1 | 56,5 |
| фанера клеёная, тыс. м ³ | 179,5 | 132,1 | 180,5 | 206,1 |
| картон, тыс. т | 3,94 | 2,68 | 2,15 | 2,82 |
| бумага, тыс. т | 37,7 | 32,8 | 32,7 | 38,4 |

Заготовка древесины в лесах Свердловской области осуществляется в основном за счет рубок спелых и перестойных насаждений, на долю которых приходится 54,94 % (5605,05 тыс. га) общего объема лесозаготовок. Рубки ухода составляют 33,48 %, на рубки

поврежденных и погибших лесонасаждений приходится 7,98 %, прочие рубки составляют 3,6 %. Отпуск леса по всем видам рубок за 2011 г. составил 7,5 млн м³. В области имеется потенциал неиспользуемых древесных ресурсов порядка 13,9 млн м³ (табл. 2, 3).

Таблица 2

Расчетные показатели производства основных видов продукции лесного комплекса, ориентированных на переработку низкосортного сырья по основным предприятиям на 2010-2020 гг.

| № п/п | Продукция | Объемы производства по годам | | | |
|-------|---|------------------------------|-------|---------|-----------|
| | | 2008 | 2011 | 2015 | 2020 |
| 1. | Плиты ДВП, млн м ² | 13,34 | 13,04 | 13,0 | |
| 2. | Плиты МДФ, тыс м ³ | | | | 160,0 |
| 3. | Плиты ДСП тыс. м ³ | 78,7 | 56,5 | 120,5 | 350,0 |
| 4. | Плиты цементно-стружечные тыс. м ³ | | | | 120 |
| 5. | Картон тыс. т | 3,94 | 2,82 | 4,0 | 5,0 |
| 6. | Уголь + активир. уголь, тыс. т | 19,7 | 20,9 | 31/0,12 | 31,6/1,62 |
| 7. | Топливные концентраты, тыс. т | 8,0 | 10,0 | 46,0 | 122,0 |
| 8. | Производство тепловой энергии, Гкал | 95,4 | 103,9 | 105,0 | 196,0 |

Таблица 3

Показатели теплотворной способности различных видов топлива

| Вид топлива | Теплотворная способность | | | Относительно условного топлива |
|--------------------------------|--------------------------|--------|----------|--------------------------------|
| | ккал/кг | МДж/кг | кВт·ч/кг | |
| Дрова сухие | 2500 | 10,4 | 2,9 | 0,35 |
| Биотопливо (пеллеты) | 4300 | 18,8 | 5 | 0,61 |
| Каменный уголь | 7000 | 29,3 | 8,1 | 1 |
| Бытовой газ (1м ³) | 8300 | 34,7 | 9,6 | 1,18 |
| Мазут | 9800 | 41 | 11,3 | 1,4 |
| Дизельное топливо | 10200 | 42,6 | 11,8 | 1,45 |

Тонна древесных топливных пеллет обладает такой же теплотворной способностью как: 1,72 т сухой древесины; 614 кг каменного угля; 423 кг дизельного топлива (табл. 4).

Таблица 4

Средние коэффициенты для перевода видов натурального древесного топлива в условное
<http://www.kotel-modul.ru/table.htm> - top

| Вид топлива и его ед. измерения | Ср. коэффициент |
|--|-----------------|
| Древесные обрезки, стружки, опилки, т | 0,36 |
| Древесные опилки, м ³ | 0,11 |
| Сучья, ветви, вершины м ³ | 0,05 |
| Пни, корни, обломки стволов, м ³ | 0,12 |
| Дрова для отопления, тонкомер, валежник, обломки стволов, м ³ | 0,266 |
| Кора, т | 0,42 |

Произведя расчеты с учетом процентного содержания каждого вида топлива в общем объеме заготовки и переработки древесины, получим, что 1 м³ древесных отходов составляет в среднем 0,277 т.у.т.

Анализ структуры затрат на производство основных видов продукции, вырабатываемой из древесины, показывает, что для всех направлений лесопромышленного производства самыми крупными статьями затрат являются расходы на древесное сырьё и затраты на топливо и энергию. Суммарная величина этих затрат достигла 17 %. Уменьшение доли этих затрат существенно снизит себестоимость продукции и благотворно скажется на работе предприятий лесопромышленного комплекса.

Стратегическим направлением развития лесопромышленного комплекса Свердловской области принято приоритетное расширение глубокой химико-механической и механической переработки древесины с максимальным вовлечением мелкотоварной, низкокачественной и мягколиственной древесины, древесных отходов для производства собственной тепловой и электрической энергии.

В представленных ниже таблицах (табл. 5-8) приведен расчет объема вторичных древесных ресурсов лесозаготовок, который может быть вовлечен в технологические процессы лесопромышленного предприятия. За основу расчета принят наибольший годовой объем вывозки лесоматериалов, достигнутый предприятиями ЛПК Свердловской области за последние 20 лет.

Таблица 5

Вторичные древесные ресурсы сучьев, ветвей и вершин

| Годовой объем вывозки, тыс. м ³ | Объем сучьев, ветвей и вершин, тыс. м ³ | | | |
|--|--|---|-----------------------------------|---|
| | Потенциальные ресурсы (на растущем дереве) | Отпад при валке, трелевке, используемый | | Реальные ресурсы, пригодные к использованию |
| | | на удобрение | на укрепление трелевочных волоков | |
| 8802,65 | 1170,75 | 396,12 | 290,49 | 484,15 |

Таблица 6

Вторичные древесные ресурсы тонкомерного сырья и валежника

| Годовой объем вывозки, тыс. м ³ | Потенциальные ресурсы, тыс. м ³ | Реальные ресурсы, тыс. м ³ |
|--|--|---------------------------------------|
| 8802,65 | 704,21 | 598,98 |

Таблица 7

Вторичные древесные ресурсы обломков стволов на лесосечных работах

| Годовой объем вывозки тыс. м ³ | На лесосеке, тыс. м ³ | | На погрузочном пункте, тыс. м ³ | | Итого реальных, тыс. м ³ |
|---|----------------------------------|----------|--|----------|-------------------------------------|
| | Потенциальных | Реальных | Потенциальных | Реальных | |
| 8802,65 | 739,42 | 665,48 | 580,97 | 522,87 | 1188,35 |

Представленные в таблицах объемы древесных отходов могут использоваться путем прямого сжигания в котельных после измельчения в зеленую щепу. Частично эти отходы должны оставаться на лесосеке с целью поддержания природного баланса органической массы. Сырьем для производства концентратов биотоплива (пеллет, брикетов) являются древесные отходы лесопереработки, к ним относятся образующиеся в процессе

производства основной продукции остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, которые не могут быть использованы для выпуска данного вида продукции в этом же технологическом потоке.

Таблица 8

Вторичные древесные ресурсы на лесоскладских работах

| Объем раскряжевки, тыс. м ³ | Реальные ресурсы, тыс. м ³ | | | | | | Итого |
|--|---------------------------------------|----------|--------|-----------------|--|---|--------|
| | от раскряжевки хлыстов | | | на складах | | | |
| | Кусковые | | | Мягкие (опилки) | Обломки стволов при создании запасов хлыстов | Обломки сортиментов на штабеловочно-погрузочных работах | |
| | откомлевки | козырьки | итого | | | | |
| 8802,65 | 88,03 | 44,02 | 132,05 | 88,03 | 176,05 | 88,03 | 484,16 |

Как ранее отмечено, для повышения эффективности работы лесопромышленного комплекса приоритетными направлениями являются снижение затрат на производство древесного сырья, энергоресурсы, а также развитие деревообрабатывающих производств в местах заготовки древесины.

В структуре энергопотребления лесных предприятий следует выделить (в порядке убывания затрат) следующие его виды (табл. 9):

- 1) ГСМ для машин и оборудования, главным образом топливо;
- 2) электроэнергия;
- 3) тепловая энергия – затраты на технологическое и бытовое тепло.

Таблица 9

Топливный баланс лесопромышленных предприятий Свердловской области в 2005-2009 гг.

| Показатель | Учетные годы | | | | | Всего за 5 лет |
|---|--------------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | |
| Объем произведенной продукции, млн руб. | 417090 | 655192 | 890986 | 840486 | 605485 | 3409239 |
| Расходы на приобретение топлива, тыс. руб. | 314242 | 448561 | 426021 | 541273 | 257108 | 1987205 |
| Объем производства тепловой энергии, тыс. руб. | 13515 | 10352 | 12220 | 9092 | 8990 | 54169 |
| Баланс прихода -расходов, тыс. руб. | 300727 | 438209 | 413801 | 532181 | 248118 | 193304 |
| Затраты топлива на рубль произведенной продукции, руб./руб. | 0,072 | 0,066 | 0,046 | 00,63 | 0,049 | 0,059 |

Использование древесных отходов на топливо есть завершающая фаза лесозаготовительного производства, придающая ему безотходный характер и направленная на повышение эффективности мер по охране природы.

Выводы

На основе имеющихся запасов древесины с учетом ее ежегодного прироста рассчитаны потенциальные объемы древесного биотоплива, которые составляют почти 8,5 млн м³.

По статистическим данным определена потребность в топливно-энергетических ресурсах (ТЭР) муниципальных образований Свердловской области.

Выявлена адресность размещения не востребуемых ресурсов древесины, пригодной для топлива, в области.

Анализ топливных потребностей по результатам статистического анализа показывает, что основные затраты в ТЭР на предприятиях лесного комплекса относятся на ГСМ и электроэнергию;

Анализ топливного баланса показал, что лесопромышленные предприятия обеспечивают себя тепловой энергией за счет собственной теплогенерации на 90 %.

В соответствии со статистическими данными топливный баланс предприятий ЛПК сугубо отрицательный; затраты топлива на рубль продукции составляют в среднем 6 % без учета электроэнергии.

Программой развития лесного комплекса до 2020 г. предусматривается увеличение производства концентратов топлива в 12 раз, а производства тепловой энергии – только в 2 раза. Такое соотношение развития видов энергетики не отвечает потребностям лесного комплекса. Требуется увеличение энерго мощностей биоэнергетики минимум в 4 раза.

Г.А. Прешкин, Г.В. Астратова
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
hpreshkin@usfeu.ru

МАРКЕТИНГ СТОИМОСТИ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ (MARKETING OF FOREST RESOURCE COST)

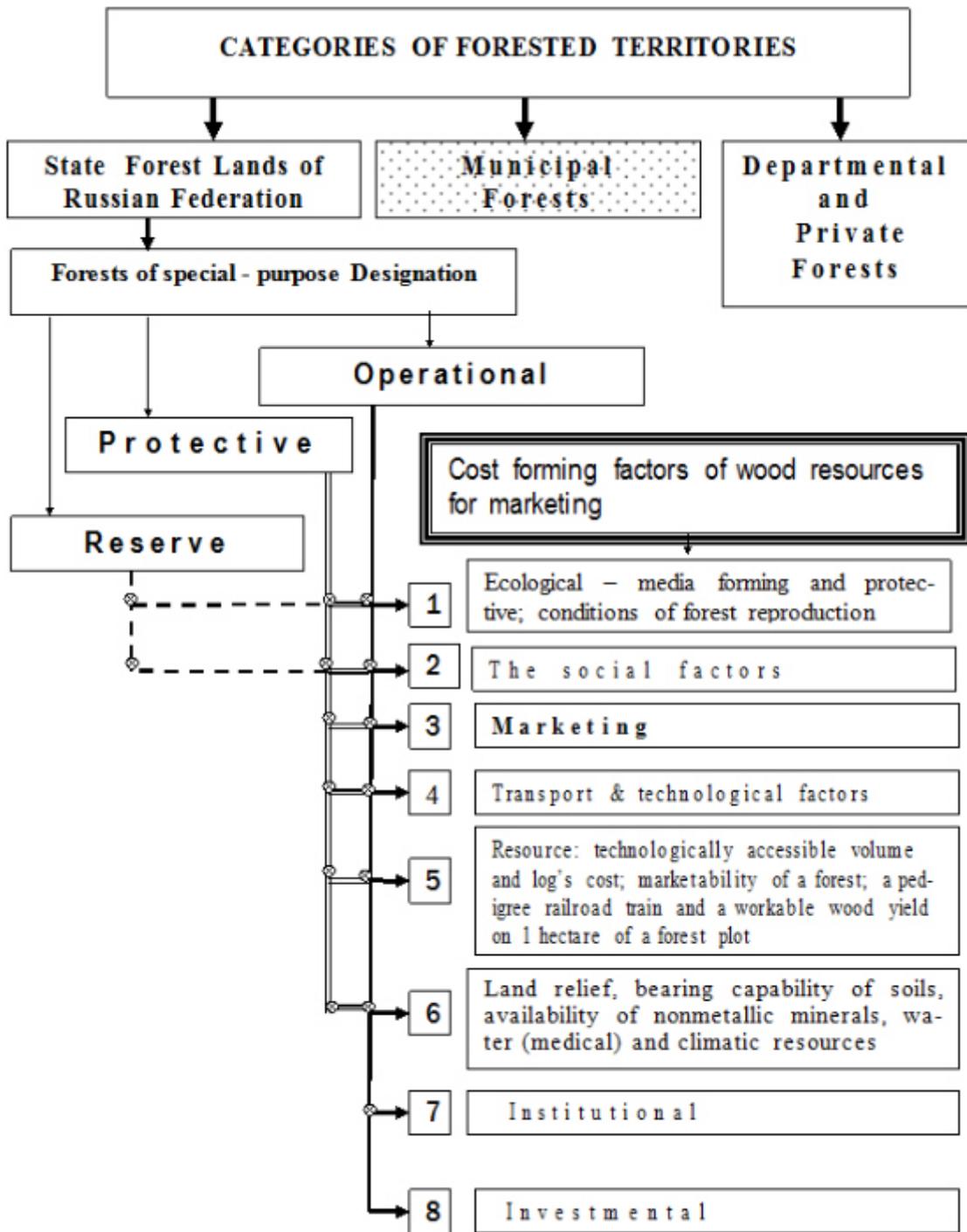
Основанием в определении экономической доступности древесных ресурсов является их маркетинговая экономическая оценка.

Basis in determination of economic accessibility of wood resources is their marketing economic estimation.

The natural parameters of forest resources which are subject to an economic estimation as installations of real estate, are observed taking into account factors of their ecologic-economic and transport & technology accessibility in the presence of a market demand in wood products. Unlike mineral resources, forest resources are renewed. That is means that forest resources can be reproduced infinitely and at skilful conducting forest exploitation [1]. From positions of real possibilities of a forest working in region the bulk of operational resources remains economically inaccessible owing to lack of roads, low productivity of boggy standing timbers and low concentration of wood yield on 1 hectare, etc.

Classification of the major factors influencing cost of forest resources is introduced on figure. In the resulted classification it is not necessary to attach significance of sequence of factors as their weight in various situations has the different significance, and the order, does not specify sequence in its decrease. Dialectic complementarities of forms of developing process of factors are self-evident actually. Institutional and investment factors were not researched by the author, as they, on the one hand are obvious, and with another - the extent of their concrete agency on forming of cost of forest resources is always various. As usual it is considered that the most complete parameter characterizing in the concentrated aspect resource potential of forests, introduce *wood resources which are determined by taxation parameters.*

The resource potential of territory at normalized a conducting method of cutting works is withdrawn on magnitude of ecologically admissible volume of cut down trees, basically executed the reproductive functions. Norm decrease of a stock of wood in the course of cabin occurs on the restricted square of territories the operational and protective forests.



Classification of the factors influencing on the forest resources cost marketing

Stable forest exploitation demands the new concept of management of a forest natural & economical complex (NEC) which activity without reproduction of forests cannot be effective. The author proves necessity and three basic concepts reflecting the certain approach to

understanding of factors of evolution NEC on forested territories in the conditions of new economy are formulated [2]. Assay values of evolution of forest NEC, preconditions and methods of the decision of problems of forest exploitation are resulted at development of boreal blocks on Ural territories.

Reference

1. Sinkevich A.E. About methodology of the state forest inventory // Forests of Russia in XXI a century: papers of III international science & practice The Internet-conference. SPb: Publishing house «SPbSFEA», 2010. [An electronic resource]: <http://ftacademy.ru/science/internet-conference>.

2. Preshkin H.A., Vlasova E.Ja. Conception of management of forest natural-economic complexes // News of Ural State Economics University. Yekaterinburg: Publishing house UrSEU, 2009, № 2 (24).

Н.А. Шпак

УГЛТУ, Екатеринбург, РФ

shpak@usfeu.ru

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОПАРКОВ
НА ПРИМЕРЕ УРАЛЬСКОГО ЛЕСНОГО ТЕХНОПАРКА
(PROSPECTS OF THE MODERN TECHNOPARK DEVELOPMENT
BY THE EXAMPLE OF THE URAL WOOD TECHNOPARK)**

Изучена классификация современных технопарков, выделены основные их признаки, проанализированы актуальные тренды развития. Результаты проведенного исследования применены для анализа Уральского лесного технопарка на предмет соответствия сформированным мировым стандартам.

This paper researches the modern Science Park classification, stresses their main features, analyses modern trends of their development. Results of the research are applied at the analysis of the Ural Wood Science Park on compliance to the current International Standards.

В настоящее время большинство стран мира переживает переход к шестому технологическому укладу, характеризующемуся непрерывным инновационным процессом. По существующим оценкам, от 50 до 90 % роста валового внутреннего продукта в развитых странах формируется за счет высоких технологий.

В России, несмотря на все прилагаемые усилия, инновационного прорыва не происходит, и страна продолжает пребывать на периферии мировой экономики. Доля инновационно-активных предприятий в общем числе российских компаний едва достигает 10 %, что в разы ниже уровня развитых стран. Доля России в мировом выпуске наукоемкой продукции не превышает 0,4 %, хотя в стране сосредоточено 10–12 % всего мирового научного потенциала.

В сложившейся ситуации необходимо сконцентрироваться на создании условий для развития инноваций или инновационной инфраструктуры. Среди всех элементов

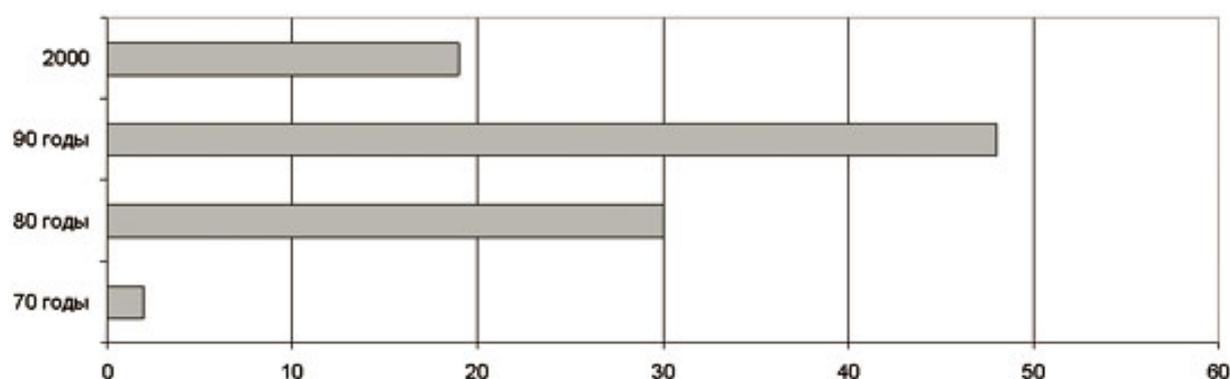
инновационной инфраструктуры ключевую роль играют технопарки, так как именно они обеспечивают трансфер технологий.

Мировой опыт свидетельствует о том, что технопарки могут стать эффективной формой организации современного инновационного производства. История существования технопарков в Европе, США, Индии, Китае насчитывает несколько десятилетий.

Технопарки: общая информация

Технопарк – это организация, управляемая профессионалами, чьей целью является повышение благосостояния общества через продвижение инноваций и конкурентоспособности связанных с ней бизнесов и образовательных и исследовательских учреждений [1].

В мире наблюдается высокая активность по созданию технопарков (рис. 1). Из 343 членов Международной ассоциации технопарков (IASP) 25 % были созданы после 2000 г. (остальные в период с 1950 по 2000 гг.).



Источник: IASP (International Association of Science Park)

Рис. 1. Увеличение численности технопарков в мире, %

Основными целями создания технопарков являются:

- 1) закрепление статуса инновационного лидера,
- 2) повышение эффективности базового сектора и диверсификация экономики,
- 3) привлечение новых административных функций на территорию,
- 4) коммерциализация накопленного научного потенциала,
- 5) привлечение на территорию нового вида деятельности (основная инициатива по созданию принадлежит органам региональной и местной власти).

Существуют следующие современные модели технопарков:

- 1) университетский технопарк;
- 2) региональный отраслевой технопарк (технополис);
- 3) технологические инкубаторы (отраслевые бизнес-инкубаторы);
- 4) сетевой технопарк (ассоциации технопарков).

Университетский технопарк – это агломерация наукоемких фирм, группирующихся вокруг крупного университета, института, лаборатории. Основная задача парка – сокращение сроков внедрения научных идей в практику. Парки располагают специальной инфраструктурой (здания, сооружения, телекоммуникации), которая наряду с определенными налоговыми льготами предоставляется новым наукоемким фирмам.

Технополис – это научно-производственный городок, размещенный поблизости от крупного промышленного центра. Идея строительства технополисов возникла в Японии в начале 80-х гг. Технопарки функционируют в общем поле зонтичных структур. Эти структуры (бизнес-инкубаторы, инновационные центры, инжиниринг-центры

и др.) призваны обслуживать начинающих предпринимателей, ученых, разработчиков, инженеров с целью обеспечить быстрое и прямое внедрение разработок и бизнес-планов. Специфика технопарка – научные, конструкторские и технологические разработки, связанные с высокими технологиями (hi-tech).

Бизнес-инкубатор является наиболее организационно близкой технопарку структурой. Но он не возникает на базе вуза или научного центра, а полностью ориентирован на посторонних клиентов. Это 100 % коммерческая структура, призванная оживлять малый бизнес, и потому она часто субсидируется государством (в США, Финляндии, Швеции и др.). Инкубатор не ориентирован исключительно на hi-tech, что обязательно для технопарка, а может реализовывать самые разные проекты, например в торговле. В то время как большинство клиентов технопарка в будущем не станут бизнесменами – они выполняют проект, внедряют свою разработку и вернутся в научную лабораторию – бизнес-инкубатор готовит бизнесменов.

Появление Интернета, развитие электронного бизнеса и других информационных и коммуникационных технологий привело к созданию новой модели технопарков – **виртуальной (сетевой парк)**, которая включает несколько технопарков, виртуально объединенных. Они занимаются совместной оценкой коммерческого потенциала новых проектов, совместно проводят необходимые маркетинговые исследования, урегулируют вопросы интеллектуальной собственности и авторского права, разрабатывают бизнес-планы и коммерческую стратегию, находят партнеров, поставщиков.

Перечисленные инновационные инфраструктуры в разных странах принято называть по-разному. В России это «технологические парки» («технопарки»), в США – «исследовательские», в Великобритании – «научные», в Китае – «научно-промышленные».

Несмотря на многообразие форм, технопарки мира имеют следующие общие черты:

основной функцией является посредничество между потребителем и поставщиком технологий;

территория технопарка:

- обособленна;
- имеет развитую инфраструктуру;
- имеет особые правила ведения бизнеса. Это касается таможенных пошлин, налоговых сборов, операций с валютой, порядка создания и регистрации фирм. Плюс льготные цены на аренду и покупку офисов и производственных помещений.

В качестве инструмента развития технопарки используют бизнес-инкубаторы, научно-исследовательские центры и активно привлекают образовательные учреждения (табл. 1).

Таблица 1

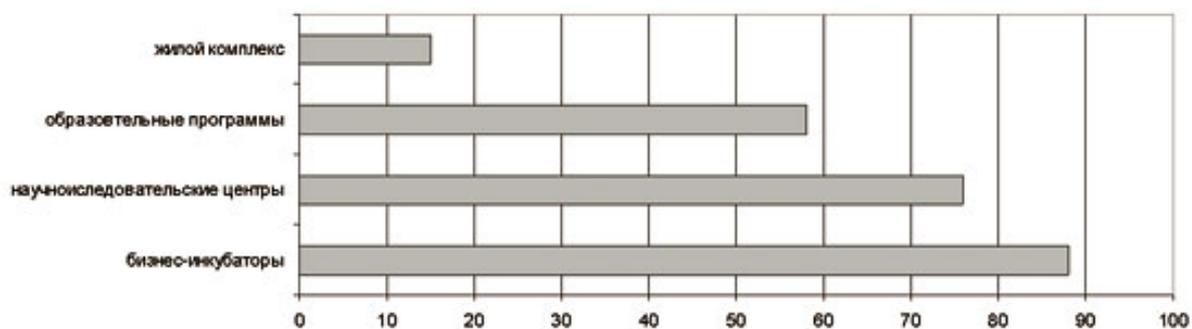
Основные инструменты, используемые технопарками мира для обеспечения развития инновационного процесса

| Инструмент | Процент технопарков, которые его используют |
|-----------------------------------|---|
| Бизнес-инкубатор | 88 |
| Научно-исследовательские центры | 72 |
| Университеты (в радиусе до 50 км) | 60 |
| Учебные центры | 58 |
| Выставки и конференции | 45 |

Источник: IASP (International Association of Science Park)

Инфраструктура технопарков мира в большинстве случаев состоит из бизнес-инкубатора, научного центра и образовательных комплексов (рис. 2). У наиболее успеш-

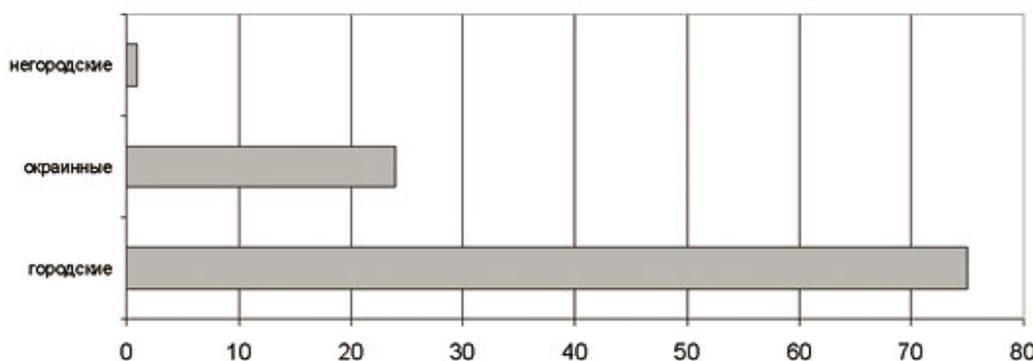
ных проектов наблюдаются такие общие черты, как наличие собственного жилого комплекса для сотрудников и высокая степень озеленения территории (иногда до 40 %).



Источник: IASP (International Association of Science Park)

Рис. 2. Физические инфраструктуры в составе технопарков, %

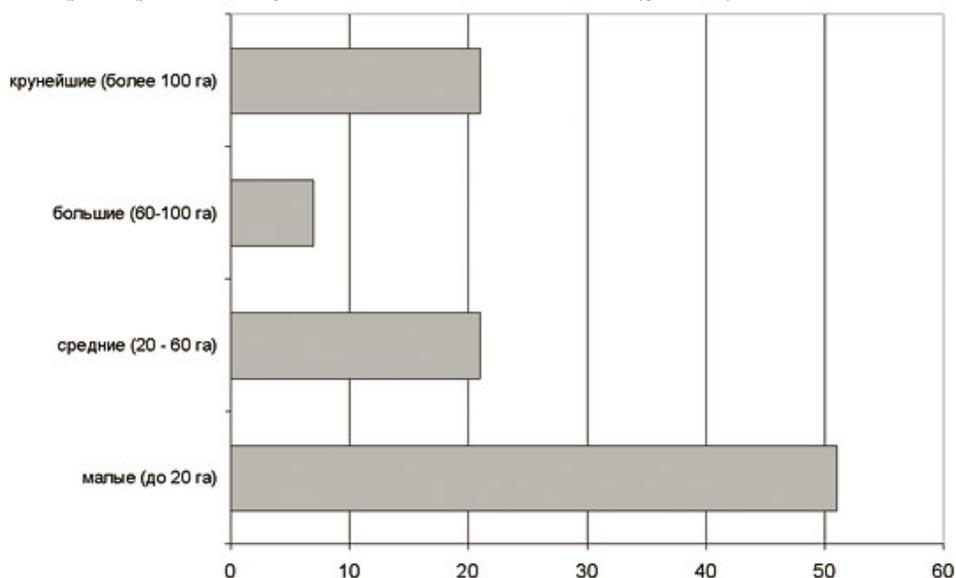
Для экономии средств и времени на развитие инфраструктуры технопарки мира размещают в городской черте (рис. 3).



Источник: IASP (International Association of Science Park)

Рис. 3. Расположение технопарков в мире по отношению к городам, %

Размер технопарка зависит от целей его создания и отраслевой ориентации, но, как показывает опыт, в большинстве случаев технопарки начинают с малых площадей до 20 га и в случае успеха вырастают до 100 га и более (рис. 4).



Источник: IASP (International Association of Science Park)

Рис. 4. Распределение по размерам занимаемой технопарком территории, %

Технопарки: тенденции развития

По мнению IASP (International Association of Science Park) и Institute for the Future, в настоящее время происходит изменение трендов глобального технологического развития. Меняются не только форматы самих технопарков, но и их роль в развитии общества и экономики. Конкурентоспособность и доходность технопарков старого поколения стремительно падает (табл. 2) [2].

Таблица 2

Характеристика основных этапов мирового развития технопарков

| № п/п | Характеристика этапа | 1 этап (1947-1970) | 2 этап (1971-1985) | 3 этап (1986-2011) |
|-------|----------------------------------|--|--|--|
| 1 | Распространенный вид технопарков | Университетский технопарк, региональный отраслевой технопарк, наукограды | Технологические инкубаторы, специализированные технопарки, центры трансфера технологий | Сетевой технопарк, сообщества технопарков |
| 2 | Базовый процесс | Ведение научно-исследовательских разработок | Коммерциализация научно-исследовательских разработок | Создание пространства обмена информацией, создание совместных проектов |
| 3 | Ядро | Университетские лаборатории, комплексные проектные и исследовательские бюро транснациональных компаний | Офисные комплексы технологических бизнес-инкубаторов | Виртуальные сети, сетевые подразделения технопарков |
| 4 | Собственники технопарка | Университеты, транснациональные компании | Правительства стран, регионов, муниципалитеты | Инновационные брокеры и агенты, венчурные компании, инвестиционные фонды |
| 5 | Продукт | Инновационный продукт | Технологические решения и технологии | Исследовательский потенциал |
| 6 | Основная услуга технопарка | Доступ к источнику знаний (вуз) или источнику практических задач (компания) | Выгодные условия аренды (риэлтерский бизнес), расширенные сопутствующие услуги | Доступ к профессиональному сообществу |
| 7 | Страны-лидеры | США, Великобритания | Европа, Азия | США |

Каждые 15-20 лет происходит смена форматов технопарков, что обусловлено меняющимися тенденциями развития рынков, экономики и трансформации общества в целом (табл. 3).

Этапы мирового развития технопарков

| № | Этапы развития технопарков мира | Название преобладающей формы технопарка | Основные характеристики формы технопарка |
|---|---------------------------------|---|---|
| 1 | 1 этап (1947-1970) | Технополис, наукоград | Создаются при университетах |
| 2 | 2 этап (1971-1985) | Мегатехнопарк | Создаются как региональные структуры, ориентированные по отраслям |
| 3 | 3 этап (1986-2011) | Ассоциации технопарков (виртуальные сети) | Создаются как площадка для коммуникаций |

Источник: Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2010

США

Наиболее крупным и всемирно известным является проект «Кремниевая долина». На реализацию проекта в полном объеме ушло около 30 лет. Результат: Кремниевая долина прославилась своими феноменальными достижениями в высокотехнологичных секторах промышленности, особенно информационном и компьютерном. Правительство справедливо отметило вклад технопарков в развитие кризисных регионов, охваченных экономическим спадом и безработицей, и оно стало содействовать их формированию. В 80-е годы технопарки на территории США активно создавались, и на сегодня в этой стране их больше всего – **30 %** от общего числа в мире.

Европа

В начале 70-х появились: Исследовательский центр при Эдинбургском университете (Шотландия), Тринити-колледж в Кембридже, бельгийский Левен-ла-Нев и др. Катализатором европейского технопаркового движения стал экономический кризис 80-х. Чтобы помочь наиболее проблемным регионам, центрам текстильной и угольной промышленности Великобритании, по инициативе премьер-министра Великобритании при местных университетах были созданы технопарки. Их создание принесло положительный эффект экономике страны. Сегодня на территории Великобритании насчитывается около 50 технопарков. В Европе на текущий момент существует более **260 технопарков**, в них входит 2 000 разнообразных инновационных центров.

Азия

Благодаря максимальному участию государства в их становлении Китай и Тайвань достигли успехов в наукоемких отраслях промышленности. В марте 1986 г. правительство Китая утвердило Государственную программу развития науки и техники («Программа 863»), определив приоритетные области: микроэлектроника, информатика, космонавтика, генная инженерия и биотехнология, оптоволоконные коммуникации, медицинское оборудование, энергосберегающие технологии, защита окружающей среды. Позже стартует программа «Факел», по сути, следующий этап «Программы 863». Со времени открытия в 1988 г. первого китайского технопарка – Пекинской экспериментальной зоны развития новых технологий в провинции Хайдань – и до сегодняшнего дня в Китае создано **120 технопарковых зон**, причем половина из них государственного назначения.

Россия

В России только **11 технопарков** признаны отвечающими мировым стандартам. Существующие сегодня технопарки не способны обеспечить работой накопленный интеллектуальный потенциал из-за небольших размеров, ограниченных возможностей,

продолжающихся материальных трудностей, отсутствия льготного налогообложения и зависимости от вузов.

За весь период развития технопарков высокотехнологичные компании так и не смогли увеличить свой вклад в ВВП страны. Согласно данным аналитического центра «Альпари СПб», в 2004 г. только восемь технопарков предоставили данные об обслуживаемых ими предприятиях, три – информацию по персоналу и один (Научный парк МГУ им. М.В. Ломоносова) раскрыл данные по годовому обороту и производительности.

Тем не менее идея технопарков в России прижилась, она востребована. Свидетельство тому – появление их «второй волны»: в Дубне, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Нижнем Новгороде, Московской области, инновационного проекта «Сколково». Большинство из них являются членами российской ассоциации технопарков «Технопарк».

В Свердловской области развитие технопарков получило поддержку Правительства Свердловской области в соответствии с областным законом от 20 октября 2011 г. № 95-ОЗ «О технопарках в Свердловской области». Первым технопарком, зарегистрированным в реестре технопарков Свердловской области, стал Уральский лесной технопарк.

Уральский лесной технопарк основан в 2007 г. Целью его создания является коммерциализация накопленного научного потенциала Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ). Технопарк УГЛТУ соответствует базовым мировым стандартам.

1. Инновационная инфраструктура технопарка содержит все необходимые элементы: научные центры, образовательные комплексы, ведется работа над созданием бизнес-инкубатора.

2. Развитая социальная инфраструктура создает комфортные условия для работников резидентов технопарка: наличие собственного жилого комплекса, дворца культуры и высокой степени озеленения территории.

3. Удобное расположение технопарка обеспечивает легкую транспортную доступность для потенциальных клиентов и партнеров: технопарк расположен в городской черте.

4. Занимаемая технопарком площадь сравнима со стартовой, с которой начинали свою деятельность многие технопарки мира, достигнув на сегодняшний день площади более 100 га.

Для дальнейшего развития Уральского лесного технопарка необходимо завершить создание бизнес-инкубатора, что позволит существенно повысить количество резидентов технопарка.

В Свердловской области технопарки находятся на 1-м этапе относительно мировой тенденции развития и существенно отстают от мировых конкурентов, находящихся на 2-м и 3-м этапе. Для сокращения разрыва необходимо создавать виртуальные технопарки или коммуникационные сети для технопарков, которые станут коммуникационной площадкой для развития международных контактов между инноваторами. И в данном случае Уральский лесной технопарк является перспективным кандидатом, так как уже более 3 лет успешно сотрудничает с такими всемирно известными технопарками, как Парк науки и бизнеса г. Лахтии, Парк науки Йёнсуу (Финляндия), и сможет использовать установившиеся международные контакты для целей развития Свердловской области.

Библиографический список

1. <http://www.iasp.ws> IASP (International Association of Science Park).
2. Результаты исследования. Центр стратегических разработок «Северо-Запад». СПб, 2010.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ЗАГОТОВКЕ, ПЕРЕРАБОТКЕ И ОТДЕЛКЕ ДРЕВЕСИНЫ

А.И. Аганов
ВятГУ, Киров, РФ

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКРОЯ СЕГМЕНТА С УЧЕТОМ ШИРИНЫ ПРОПИЛА OPTIMIZATION OF CUTTING SEGMENT WITH A VIEW OF CUTTING WIDTH

Поставлена и решена задача определения оптимальных размеров двух обрезных досок, получаемых из сегмента, с учетом ширины пропила.

Optimization of cutting segment given the width of the cut. Solved the problem of determining the optimal sizes of the two-edged boards, received from a segment when cutting timber bare the collapse of the way.

При раскросе пиловочника брусом способом возможен вариант, когда толщина бруса не всегда находится в оптимальном диапазоне. В этом случае получаются сегменты, для которых оптимальные соотношения размеров выпиливаемых досок из него не могут быть приемлемы, так как не обеспечивают получение максимального выхода пилопродукции. Для такого варианта возникает необходимость определения своих оптимальных соотношений размеров досок к диаметру бревна с учетом получаемого бруса [1]. При распиловке пиловочника средних и больших размеров из сегмента целесообразно выпиливать две доски (рисунок).

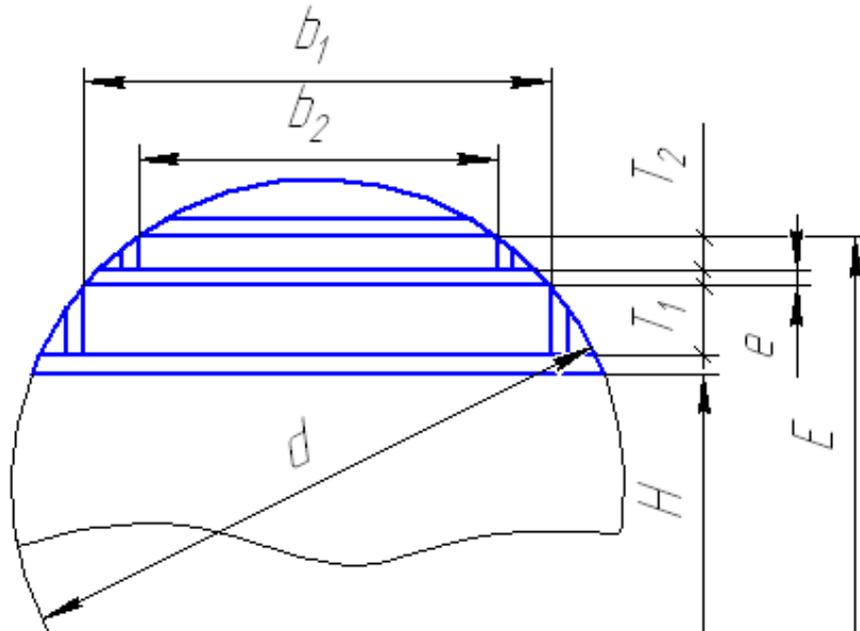


Схема раскроя сегмента с выпиливанием двух обрезных досок

Задачу оптимизации можно решить следующим образом [2]. В качестве критерия оптимальности выбираем выход получаемых из сегмента двух обрезных досок. Целевую функцию можно написать в виде суммы площадей поперечных сечений обрезных досок:

$$Z = T_1 b_1 + T_2 b_2, \quad (1)$$

где T_1, T_2 – толщины первой и второй досок;
 b_1, b_2 – ширины этих досок.

Для нахождения уравнения связи воспользуемся теоремой Пифагора. В этом случае размеры пиловочника и выпиленного бруса известны. Тогда для первой доски уравнение связи будет иметь вид:

$$d^2 - b_1^2 - (H + 2T_1 + 2e)^2 = 0, \quad (2)$$

где d – диаметр пиловочника в вершинном торце;
 H – толщина бруса;
 e – ширина пропила.

Для второй доски уравнение связи будет иметь вид:

$$d^2 - b_2^2 - (H + 2T_1 + 2T_2 + 4e)^2 = 0. \quad (3)$$

Полагаем, что математическая модель составлена. Для ее решения воспользуемся методом множителей Лагранжа. Функцию Лагранжа можно записать в следующем виде:

$$L = b_1 T_1 + b_2 T_2 + \lambda_1 (d^2 - b_1^2 - H^2 - 4T_1^2 - 4e^2 - 4HT_1 - 4He - 8T_1e) + \lambda_2 (d^2 - b_2^2 - H^2 - 4T_1^2 - 4T_2^2 - 16e^2 - 4HT_1 - 4HT_2 - 8He - 8T_1T_2 - 16T_1e - 16T_2e), \quad (4)$$

где λ_1, λ_2 – множители Лагранжа.

Находим частные производные от функции Лагранжа и приравниваем их к нулю:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial b_1} = T_1 - 2\lambda_1 b_1 = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial T_1} = b_1 - 8\lambda_1 T_1 - 4\lambda_1 H - 8\lambda_1 e - 8\lambda_2 T_1 - 4\lambda_2 H - 8\lambda_2 T_2 - 16\lambda_2 e = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial b_2} = T_2 - 2\lambda_2 b_2 = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial T_2} = b_2 - 8\lambda_2 T_2 - 4\lambda_2 H - 8\lambda_2 T_1 - 16\lambda_2 e = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Решаем полученную систему уравнений (5) совместно с уравнениями связи. Из первого уравнения системы (5) можно написать:

$$T_1 = 2\lambda_1 b_1, \quad \lambda_1 = \frac{T_1}{2b_1}. \quad (6)$$

Рассматриваем третье уравнение системы (5):

$$T_2 = 2\lambda_2 b_2, \quad \lambda_2 = \frac{T_2}{2b_2}. \quad (7)$$

Рассматриваем четвертое уравнение системы (5), в которое подставляем равенство (7), получим:

$$b_2^2 = 4T_2^2 + 2HT_2 + 4T_1T_2 + 8eT_2 = 2T_2(H + 2T_1 + 2T_2 + 4e). \quad (8)$$

В равенство (8) подставляем уравнение связи (3), получим квадратное уравнение:

$$T_2^2 + \frac{3}{4}(H + 2T_1 + 4e)T_2 + \frac{T_1}{2}(H + T_1 + 4e) + \frac{1}{8}(H + 4e)^2 - \frac{d^2}{8} = 0. \quad (9)$$

Решая последнее квадратное уравнение (9), получим:

$$T_2 = \frac{3}{8}(\sqrt{8d^2 + (H + 2T_1 + 4e)^2} - 3(H + 2T_1 + 4e)). \quad (10)$$

Рассматриваем второе уравнение системы (5), в которое подставляем равенство (6), а также последнее уравнение системы (5), получим:

$$b_1 = \frac{4T_1^2}{b_1} + \frac{2HT_1}{b_1} + \frac{4T_1e}{b_1} + b_2. \quad (11)$$

Последнее равенство представляем в виде:

$$b_1^2 - b_2b_1 - 2T_1(H + 2T_1 + 2e) = 0. \quad (12)$$

Из последнего уравнения можно определить ширину первой доски:

$$b_1 = \frac{1}{2}(b_2 + \sqrt{b_2^2 + 8T_1(H + 2T_1 + 2e)}). \quad (13)$$

В уравнение (12) можно подставить уравнение связи (2), получим:

$$b_1b_2 = d^2 - H^2 - 6HT_1 - 8T_1^2 - 4He - 4e^2 - 12eT_1. \quad (14)$$

Тогда ширину второй доски можно определить по формуле:

$$b_2 = \frac{d^2 - H^2 - 6HT_1 - 8T_1^2 - 4He - 4e^2 - 12eT_1}{\sqrt{d^2 - H^2 - 4T_1^2 - 4e^2 - 4HT_1 - 4He - 8eT_1}}. \quad (15)$$

Таким образом, рассмотрены все уравнения системы (5) совместно с уравнениями связи. Однако по полученным формулам определить непосредственно оптимальные размеры досок не представляется возможным, так как размеры досок в формулах взаимосвязаны.

Для определения оптимальных размеров досок можно воспользоваться численным методом или использовать дополнительные условия (требования). Более упрощенный вариант решения задачи получается при использовании дополнительных условий. Но необходимо иметь в виду, что при этом обеспечивается меньшая точность определения оптимальных размеров досок. Так как целевая функция вблизи экстремума изменяется плавно-медленно, то такое допущение вполне приемлемо.

В связи с этим задаемся дополнительными условиями, используя которые можно определить размеры боковых досок. Одно из требований, которое должно соблюдаться при раскрое сегмента, толщина внешней доски T_2 должна быть меньше толщины внутренней доски T_1 . Тогда можно написать:

$$T_1 = aT_2, \quad (16)$$

где a – величина увеличения толщины внутренней доски относительно толщины внешней доски.

Величина «а» по исследованиям автора [2] может находиться в пределах 1,3–2,5, и в среднем рекомендуется принимать в расчетах равной 2,0. Подставим это равенство (16) в уравнение (10), получим:

$$T_2 = \frac{\sqrt{4d^2(2 + 3a + a^2) + (H + 4e)^2} - (3 + 2a)(H + 4e)}{4(2 + 3a + a^2)}. \quad (17)$$

Второе условие, которое можно использовать при решении такой задачи – это величина пифагорической зоны E , которая взаимосвязана с размерами досок следующим равенством [3]:

$$E = H + 2T_1 + 2T_2 + 4e. \quad (18)$$

Используя равенство (16), можно написать:

$$T_2 = \frac{E - H - 4e}{2(a + 1)}. \quad (19)$$

Пифагорическую зону E можно определить, задаваясь шириной второй доски b_2 по формуле:

$$E = \sqrt{d^2 - b_2^2}. \quad (20)$$

Подставим выражение (19) в формулу (17), получим:

$$a = \frac{E(2E - (H + 4e)) - d^2}{d^2 - E^2}. \quad (21)$$

Для анализа и выбора рациональных размеров боковых обрезных досок рекомендуется представленные выше формулы использовать в относительных единицах, полагая $H/d = m_n$. Алгоритм решения задачи можно представить в следующем виде.

Задаемся шириной второй доски в относительных единицах $\frac{b_2}{d} = m_{b_2}$ и определяем размер пифагорической зоны по формуле:

$$m_E = \frac{E}{d} = \sqrt{1 - m_{b_2}^2}. \quad (22)$$

Затем определяем величину увеличения первой доски по сравнению с толщиной второй доски:

$$a = \frac{m_E(2m_E - (m_n + 4m_e)) - 1}{1 - m_E^2}. \quad (23)$$

Можно также задаваться величиной увеличения толщины внутренней (первой) доски по сравнению с толщиной внешней доски, а затем определять размеры досок.

Толщину второй боковой доски определяем по формуле:

$$m_{T_2} = \frac{T_2}{d} = \frac{\sqrt{4(2 + 3a + a^2) + (m_n + 4m_e)^2} - (3 + 2a)(m_n + 4m_e)}{4(a^2 + 3a + 2)}. \quad (24)$$

Толщину первой доски определяем по формуле:

$$m_{T_1} = \frac{T_1}{d} = am_{T_2}. \quad (25)$$

Ширину второй боковой доски можно определить по формуле:

$$m_{b_2} = \frac{b_2}{d} = \sqrt{1 - (m_n + 2m_{T_2}(a + 1) + 4m_e)^2}. \quad (26)$$

Ширину первой доски можно определить по формуле:

$$m_{b_1} = \frac{b_1}{d} = \sqrt{1 - (m_n + 2m_{T_1} + 2m_e)^2}. \quad (27)$$

Относительная площадь поперечного сечения (первой) внутренней доски определяется по формуле:

$$Z_1 = m_{T_1} m_{b_1}. \quad (28)$$

Относительная площадь поперечного сечения (второй) внешней доски определяется по формуле:

$$Z_2 = m_{T_2} m_{b_2}. \quad (29)$$

Суммарная относительная площадь поперечных сечений обрезных досок определяется по выражению:

$$Z = Z_1 + Z_2. \quad (30)$$

Таким образом, используя предлагаемый алгоритм решения задачи, можно определить оптимальные размеры обрезных досок, получаемых из сегмента.

Исследования автора [2], а также формулы (21) и (23) показывают, что размеры досок, получаемые из сегмента, зависят от толщины бруса и размера пифагорической зоны. Таким образом, для нахождения оптимальных относительных размеров досок, получаемых из сегмента, напрашивается использование численного метода расчета. Для поиска оптимального варианта задаемся относительной толщиной бруса, а затем задаемся величиной увеличения толщины внутренней (первой) доски относительно внешней доски и определяем размеры досок, а также величину целевой функции. По результатам расчетов находим максимальное значение целевой функции. Этот результат и будет являться оптимальным. При этом относительную ширину пропила выбираем равной 0,015d [2]. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов по предлагаемому алгоритму при относительной ширине пропила $m_c = 0,015$

| m_n | m_c | a | m_{T2} | m_{T1} | m_{b2} | m_{b1} | Z_1 | Z_2 | Z |
|-------------|--------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 0,3 | 0,015 | 1,5 | 0,1076 | 0,1614 | 0,4396 | 0,7574 | 0,1222 | 0,0473 | 0,1696 |
| 0,3 | 0,015 | 1,6 | 0,1040 | 0,1665 | 0,4331 | 0,7485 | 0,1246 | 0,0450 | 0,1697 |
| 0,3 | 0,015 | 1,7 | 0,1007 | 0,1713 | 0,4269 | 0,7399 | 0,1267 | 0,0430 | 0,1698 |
| 0,3 | 0,015 | 1,8 | 0,0976 | 0,1758 | 0,4209 | 0,7316 | 0,1286 | 0,0411 | 0,1697 |
| 0,3 | 0,015 | 1,9 | 0,0947 | 0,1800 | 0,4152 | 0,7236 | 0,1303 | 0,0393 | 0,1696 |
| 0,35 | 0,015 | 1,5 | 0,0991 | 0,1487 | 0,4238 | 0,7355 | 0,1093 | 0,0420 | 0,1514 |
| 0,35 | 0,015 | 1,6 | 0,0959 | 0,1534 | 0,4174 | 0,7267 | 0,1115 | 0,0400 | 0,1515 |
| 0,35 | 0,015 | 1,7 | 0,0928 | 0,1578 | 0,4114 | 0,7183 | 0,1133 | 0,0382 | 0,1515 |
| 0,35 | 0,015 | 1,8 | 0,0900 | 0,1620 | 0,4056 | 0,7101 | 0,1150 | 0,0365 | 0,1515 |
| 0,35 | 0,015 | 1,9 | 0,0873 | 0,1659 | 0,4000 | 0,7023 | 0,1165 | 0,0349 | 0,1514 |
| 0,4 | 0,015 | 1,5 | 0,0906 | 0,1360 | 0,4070 | 0,7121 | 0,0968 | 0,0369 | 0,1337 |
| 0,4 | 0,015 | 1,6 | 0,0877 | 0,1403 | 0,4008 | 0,7035 | 0,0987 | 0,0351 | 0,1338 |
| 0,4 | 0,015 | 1,7 | 0,0849 | 0,1443 | 0,3950 | 0,6952 | 0,1003 | 0,0335 | 0,1339 |
| 0,4 | 0,015 | 1,8 | 0,0823 | 0,1481 | 0,3894 | 0,6872 | 0,1018 | 0,0320 | 0,1339 |
| 0,4 | 0,015 | 1,9 | 0,0798 | 0,1517 | 0,3840 | 0,6796 | 0,1031 | 0,0306 | 0,1338 |
| 0,45 | 0,015 | 1,5 | 0,0822 | 0,1223 | 0,3892 | 0,6869 | 0,0847 | 0,0320 | 0,1167 |
| 0,45 | 0,015 | 1,6 | 0,0795 | 0,1272 | 0,3833 | 0,6785 | 0,0863 | 0,0304 | 0,1168 |
| 0,45 | 0,015 | 1,7 | 0,0770 | 0,1309 | 0,3776 | 0,6705 | 0,0878 | 0,0290 | 0,1168 |
| 0,45 | 0,015 | 1,8 | 0,0746 | 0,1343 | 0,3722 | 0,6628 | 0,0890 | 0,0277 | 0,1168 |
| 0,45 | 0,015 | 1,9 | 0,0724 | 0,1376 | 0,3671 | 0,6553 | 0,0902 | 0,0265 | 0,1168 |
| 0,5 | 0,015 | 1,5 | 0,0737 | 0,1106 | 0,3702 | 0,6598 | 0,0730 | 0,0273 | 0,1003 |
| 0,5 | 0,015 | 1,6 | 0,0713 | 0,1142 | 0,3645 | 0,6517 | 0,0744 | 0,0260 | 0,1004 |
| 0,5 | 0,015 | 1,7 | 0,0691 | 0,1175 | 0,3591 | 0,6440 | 0,0756 | 0,0248 | 0,1005 |
| 0,5 | 0,015 | 1,8 | 0,0670 | 0,1206 | 0,3540 | 0,6365 | 0,0767 | 0,0237 | 0,1004 |
| 0,5 | 0,015 | 1,9 | 0,0650 | 0,1235 | 0,3490 | 0,6294 | 0,0777 | 0,0226 | 0,1004 |
| 0,55 | 0,015 | 1,6 | 0,0632 | 0,1011 | 0,3445 | 0,6228 | 0,0630 | 0,0217 | 0,0847 |
| 0,55 | 0,015 | 1,7 | 0,0612 | 0,1040 | 0,3393 | 0,6154 | 0,0640 | 0,0207 | 0,0848 |
| 0,55 | 0,015 | 1,8 | 0,0593 | 0,1068 | 0,3344 | 0,6083 | 0,0649 | 0,0198 | 0,0848 |
| 0,55 | 0,015 | 1,9 | 0,0575 | 0,1094 | 0,3297 | 0,6015 | 0,0658 | 0,0189 | 0,0848 |
| 0,55 | 0,015 | 2,0 | 0,0559 | 0,1118 | 0,3252 | 0,5949 | 0,0665 | 0,0181 | 0,0847 |
| 0,6 | 0,015 | 1,6 | 0,0550 | 0,0881 | 0,3229 | 0,5915 | 0,0521 | 0,0177 | 0,0699 |
| 0,6 | 0,015 | 1,7 | 0,0533 | 0,0906 | 0,3180 | 0,5845 | 0,0530 | 0,0169 | 0,0699 |
| 0,6 | 0,015 | 1,8 | 0,0517 | 0,0930 | 0,3134 | 0,5777 | 0,0537 | 0,0162 | 0,0699 |
| 0,6 | 0,015 | 1,9 | 0,0501 | 0,0953 | 0,3089 | 0,5713 | 0,0544 | 0,0155 | 0,0699 |
| 0,6 | 0,015 | 2,0 | 0,0487 | 0,0974 | 0,3047 | 0,5651 | 0,0550 | 0,0148 | 0,0699 |

Результаты расчетов в табл. 1 показывают, что для каждой относительной высоты бруса имеется свое оптимальное соотношение размеров обрезных досок, при которых целевая функция принимает максимальное значение, обеспечивая максимальный выход пилопродукции. Величина «а» с увеличением толщины бруса возрастает. Для одной и той же толщины бруса увеличение «а» вызывает увеличение объема первой доски и уменьшение объема второй доски, хотя толщина первой доски при этом возрастает, а ширина ее уменьшается. Размеры второй доски (толщина и ширина) при этом уменьшаются.

Следует отметить, что целевая функция для одной толщины бруса m_n с изменением «а» изменяется плавно-постепенно и незначительно. Это дает основание величину «а» выбирать в пределах от 1,5 до 2,0.

Важно знать, как изменяются отношения оптимальных размеров досок между собой. Результаты расчетов соотношений размеров досок представлены в табл. 2.

Таблица 2

Оптимальные соотношения размеров досок и пифагорической зоны для различных m_n

| m_n | m_e | a | m_E | $\frac{m_{T1}}{m_{b1}}$ | $\frac{m_{T2}}{m_{b2}}$ | $\frac{Z_1}{Z}$ | $\frac{m_{b1}}{m_{b2}}$ |
|-------|-------|-----|--------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|
| 0,3 | 0,015 | 1,7 | 0,9043 | 0,2316 | 0,2361 | 0,746 | 1,733 |
| 0,35 | 0,015 | 1,7 | 0,9114 | 0,2198 | 0,2257 | 0,748 | 1,746 |
| 0,4 | 0,15 | 1,7 | 0,9187 | 0,2077 | 0,2150 | 0,790 | 1,760 |
| 0,45 | 0,015 | 1,7 | 0,9259 | 0,1953 | 0,2039 | 0,751 | 1,775 |
| 0,5 | 0,015 | 1,7 | 0,9333 | 0,1825 | 0,1924 | 0,753 | 1,793 |
| 0,55 | 0,015 | 1,8 | 0,9424 | 0,1756 | 0,1775 | 0,766 | 1,819 |
| 0,6 | 0,015 | 1,8 | 0,9496 | 0,1611 | 0,1650 | 0,768 | 1,844 |

Из табл. 2 видно, что с увеличением толщины бруса толщины досок уменьшаются в большей степени, чем ширины этих досок. Объем второй боковой доски составляет примерно четвертую часть от всего объема получаемой пилопродукции. С увеличением толщины бруса отношение толщины доски к ширине ее уменьшается примерно равномерно для обеих досок, при этом отношение ширины первой доски к ширине второй доски постепенно возрастает и примерно равно величине «а». Пифагорическая зона с увеличением толщины бруса возрастает и колеблется в широких пределах 0,90–0,95 от диаметра бревна в вершинном торце.

Таким образом, предлагаемый алгоритм решения задачи оптимизации раскроя сегмента с выпиливанием двух обрезных досок позволяет определять оптимальные размеры досок и раскрывает возможности правильного выбора соотношения размеров толщины и ширины этих досок.

Библиографический список

1. Агапов А.И. Определение оптимальных соотношений размеров боковых досок при брусово-развальном способе раскроя пиловочника / А.И. Агапов // Наука – производство – технологии – экология: всерос. науч.-техн. конф.: сб. материалов. В 3 т. Т. 2. ХФ, БФ, ФАМ. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2009. – С. 192–195.
2. Агапов А.И. Оптимизация брусово-развального способа раскроя пиловочника с выпиливанием двух брусьев / А.И. Агапов // Киров: Изд-во ВятГУ, 2011. – 77 с. Деп. в ВИНТИ РАН 08.07.2011, № 333 – В2011.

3. Агапов А.И. Определение пифагорической зоны пиловочника / А.И. Агапов // Наука – производство – технологии – экология: всерос. науч.-техн. конф.: сб. материалов. В 6 т. Т. 3. ФАМ, ИСФ. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2005. – С. 113–115.

Н.О. Бегункова
ТОГУ, Хабаровск, РФ

ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ СТРОГАНОГО ШПОНА (FORMING QUALITY OF SLICED VENEER SURFACE)

Предлагаемый способ раскроя кряжей на ванчesy и последующее их строгание вдоль волокон могут обеспечить возможность формирования строганого шпона с текстурой радиального вида.

Justification of method of cutting billets into wainscots is provided. The method allows increasing availability of forming sliced veneer with radial texture, and enabling the most technological production of exposed surfaces with even pattern in production of wood products.

При всем изобилии облицовочных материалов, используемых в производстве мебельных изделий, натуральный строганый шпон отличается безупречным внешним видом, обеспечивающим мебели высокие потребительские свойства.

Наиболее ценным принято считать строганый шпон радиального и полурадического вида. Такой шпон имеет меньшую шероховатость поверхности листов шпона и более высокую прочность, поскольку радиальный шпон имеет меньший угол перерезания волокон вдоль. Кроме того, радиальный и полурадический шпон образуют более прочные и стабильные по площади клеевые швы за счет лучшего смачивания поверхности клеем. На таких поверхностях лучше сохраняются лакокрасочные материалы [1].

Согласно ГОСТу 2977-82 «Шпон строганый» годовые слои радиального и полурадического шпона должны в основном иметь вид прямых линий. Данное требование к текстуре поверхности шпона обеспечивает возможность набора одинаковых по декоративности облицовок, что в результате гармонизирует внешний вид наружных поверхностей мебельного изделия.

Одним из факторов, влияющих на вид получаемого строганого шпона, является способ раскроя сырья перед строганием. По существующей технологии раскроя круглого лесоматериала на заготовки для строгания шпона пропилы формируют параллельно оси кряжа, поэтому при строгании из одной заготовки (брус, ванчес) получают шпон трех видов: радиальный, полурадический и тангентальный.

Для того чтобы получить листы с линейной текстурой поверхности предлагается использовать способ [2], согласно которому при раскрое кряжа на заготовки для строгания плоскости первые два наружные противоположные пропилы ориентируют параллельно друг другу и оси кряжа, а последующие плоскости пропилов ориентируют параллельно образующей поверхности кряжа, при этом плоскости наружного и внутреннего пропилов каждой заготовки попарно параллельны между собой и перпендикулярны к плоскостям двух первых пропилов.

Схема раскроя кряжа и выполнение резов показана на рис. 1.

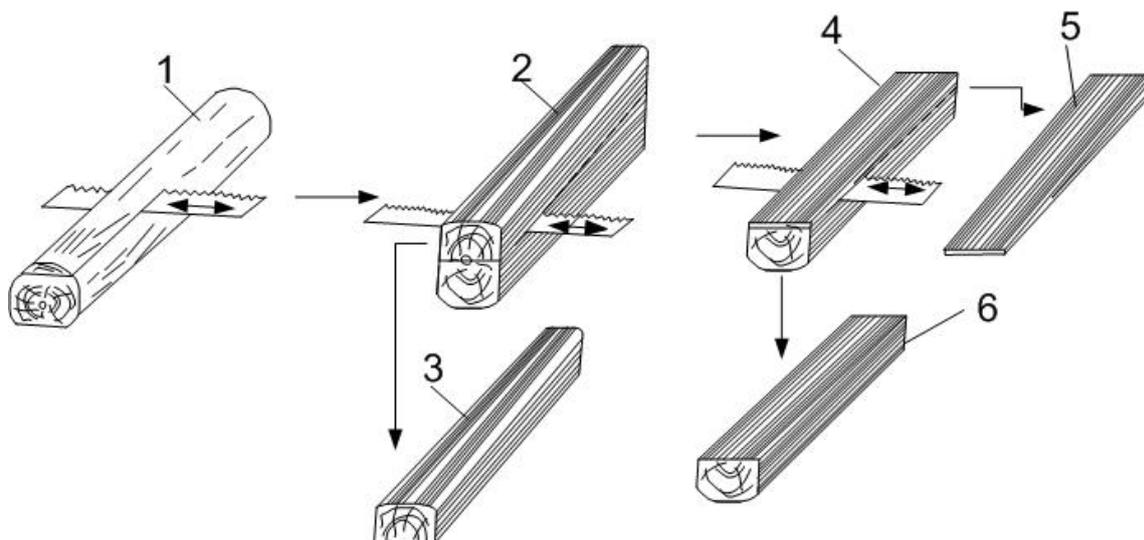


Рис. 1. Схема раскряга на ванчesy

Предлагаемый способ раскряга кряжей на заготовки для строгания шпона реализуют при выполнении следующей последовательности операций. Первоначально кряж 1 опиливают с двух сторон, при этом плоскости пропилов ориентируют параллельно оси кряжа. Затем из полученного двухкантного бруса формируют тупокантный брус 2, опиленный с четырех сторон, причем плоскости последующих двух сторон бруса формируют параллельно сбегу кряжа. Полученный тупокантный брус распиливают на два ванчеса 3 и 6 с выпиливанием сердцевинной доски 5. При выпиливании сердцевинной доски первый рез выполняют параллельно наружной плоскости тупокантного бруса, сформированной по сбегу. В результате получают ванчес 3, в котором годовичные слои расположены параллельно друг другу. Затем из оставшейся от тупокантного бруса части 4 выпиливают сердцевинную доску 5, представляющую собой по форме многогранник в виде обелиска (усеченный клин). Таким образом, получают второй ванчес 6 с параллельно расположенными годовичными слоями.

Полученные в результате раскряга кряжей ванчesy после гидротермической обработки подвергают строганию на шпон. Стругание ванчесов на шпон осуществляется, как правило, двумя способами: поперек (рис. 2, а) и вдоль (рис. 2, б) волокон.

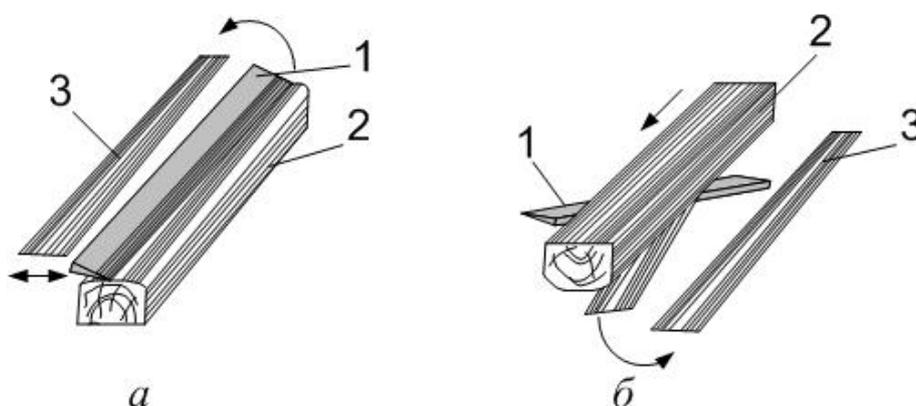


Рис. 2. Схема взаимного расположения инструмента и ванчеса:
 а – строгание поперек волокон; б – строгание вдоль волокон;
 1 – строгальный нож; 2 – ванчес; 3 – лист шпона

Ранее проведенными исследованиями [3] установлено, что изменение шероховатости поверхности строганого шпона по сечению ванчеса в значительной степени обуславливается величиной угла встречи ножа с годовичными слоями. При строгании ванчеса под острым углом встречи ножа с годовичными слоями поверхность шпона имеет меньшее значения шероховатости, т.е. получается более качественной.

Для расчета угла встречи ножа с годовичными слоями воспользуемся схемой, изображенной на рис. 3, а. Известно, что угловой коэффициент касательной к кривой $f(x)$, проходящей через данную точку, равен производной от этой функции в данной точке, т.е.:

$$f'(x) = \operatorname{tg} \varphi,$$

где φ – угол между касательной к кривой $f(x)$, проведенной через данную точку, и положительным направлением оси OX .

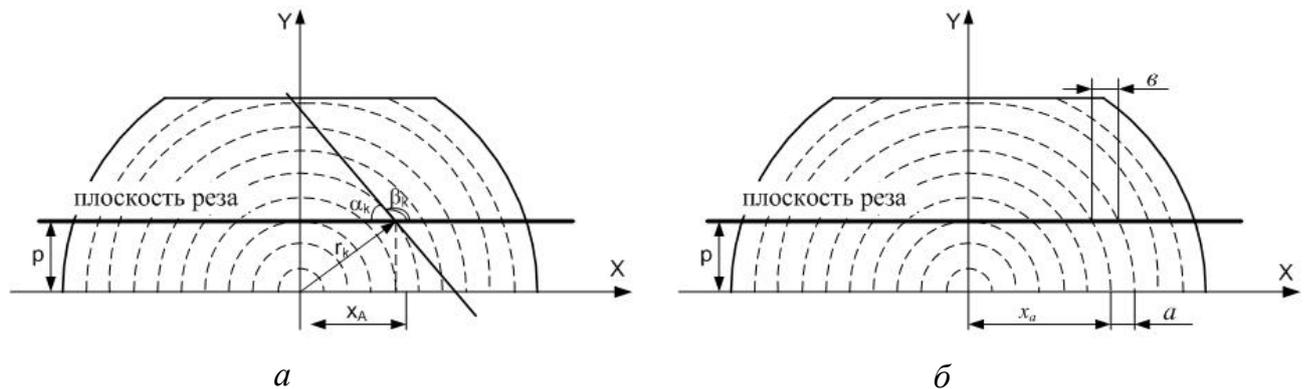


Рис. 3. Расчетные схемы: а – угла встречи ножа с годовичными слоями; б – расстояния между годовичными слоями в плоскости реза

Исходя из схемы, изображенной на рис. 3, а, имеем:

$$f'(x_A) = \operatorname{tg} \beta_k.$$

Зная уравнение окружности:

$$x^2 + y^2 = r_k^2,$$

находим производную:

$$2x + 2y \cdot y' = 0$$

или

$$y' = -\frac{x}{y}.$$

Тогда

$$\operatorname{tg} \beta_k = -\frac{x}{y} \Big|_{x=x_A, y=p} = -\frac{x_A}{p},$$

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \operatorname{tg}(180^\circ - \beta_k) = -\operatorname{tg} \beta_k = \frac{x_A}{p}.$$

Итак, угол встречи ножа с годовичными слоями α_k в плоскости реза, параллельной оси OX , при перемещении ножа поперек годовичных слоев слева направо определяется как:

$$\alpha_k = \operatorname{arctg} \frac{x_A}{p}, \quad (1)$$

где x_A – расстояние от центра к периферии ванчеса вдоль оси OX ;

p – расстояние от центра к периферии ванчеса вдоль оси OY .

Ширина годичного слоя в плоскости реза, расположенной на расстоянии p от центра ванчеса вдоль оси OY , согласно рис. 3, б, определяется зависимостью:

$$b = \sqrt{(x_a + a)^2 - p^2} - \sqrt{x_a^2 - p^2}, \quad (2)$$

где a – ширина годичного слоя в радиальной плоскости реза вдоль оси OX .

На основе формулы (1) были проведены расчеты и построены зависимости изменения угла встречи ножа с годичными слоями. Характер зависимостей, изображенных на рис. 4, показывает, что угол встречи ножа с годичными слоями от периферии к центру ванчеса (см. рис. 4, а) в плоскости реза превышает значение в 90 градусов.

При этом чем ближе к центру ванчеса расположен годичный слой, тем угол встречи больше. Диаметрально противоположная картина наблюдается при движении ножа от центра к периферии ванчеса (см. рис. 4, б). Угол встречи ножа с годичными слоями от центра к периферии вдоль оси OY уменьшается, а вдоль оси OX увеличивается. В целом же на рассматриваемой плоскости листа шпона угол встречи ножа с годичными слоями составляет менее 90 градусов. Суммируя результаты анализа зависимостей, изображенных на рис. 4, можно констатировать, что в плоскости реза даже при раскрое кряжа по сбегу получаем поверхность листа шпона с нестабильной шероховатостью, поскольку угол встречи ножа с годичными слоями изменяется от 0 до 180 градусов.

Таким образом, с позиций обеспечения меньшей шероховатости поверхности шпона перспективно использовать станки с продольным строганием ванчесов на шпон [4], поскольку обеспечивается постоянство угла встречи ножа с годичными слоями, при этом угол всегда меньше 30 градусов.

Не менее важным показателем качества поверхности строганого шпона является его текстура. Предлагаемый способ раскроя кряжей позволяет получать радиальный по внешнему виду шпон, который более технологичен при изготовлении лицевых поверхностей с одинаковым рисунком в мебельном производстве. Надо также учитывать ширину годичных слоев, которая влияет на декоративные свойства шпона. Так, для тропических пород широкие годичные слои нередко делают тангентальный шпон более предпочтительным [5]. Однако ширина годичных слоев у лиственницы небольшая, и поверхность шпона будет зависеть от их ширины в радиальной плоскости реза и от расстояния от центра кряжа до плоскости реза (строгания).

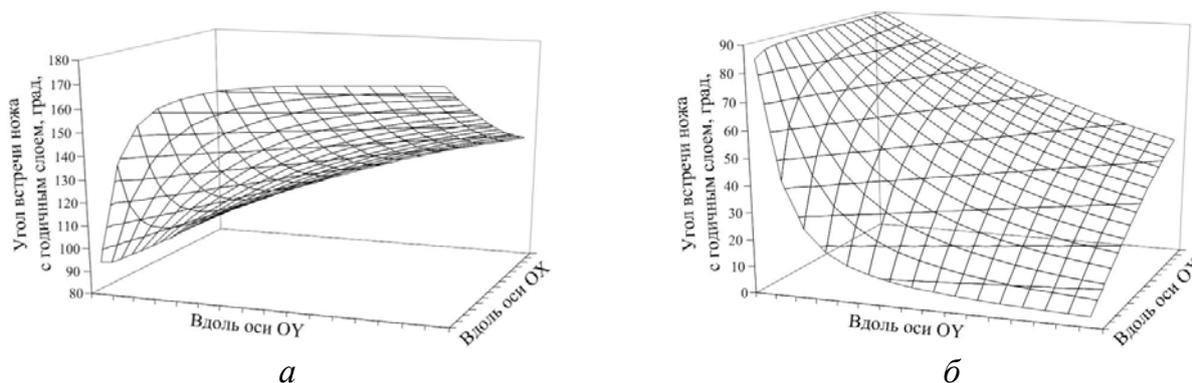


Рис. 4. Зависимости изменения угла встречи ножа с годичными слоями:

- а* – угол встречи ножа с годичными слоями при строгании от периферии к центру ванчеса;
- б* – угол встречи ножа с годичными слоями при строгании от центра к периферии ванчеса;

На рис. 5 изображены зависимости ширины годовичных слоев на поверхности листов шпона, построенные на основе формулы (2). В расчетах среднее значение ширины годовичного слоя в радиальной плоскости реза вдоль оси ОХ принято равным 0,5 мм [6].

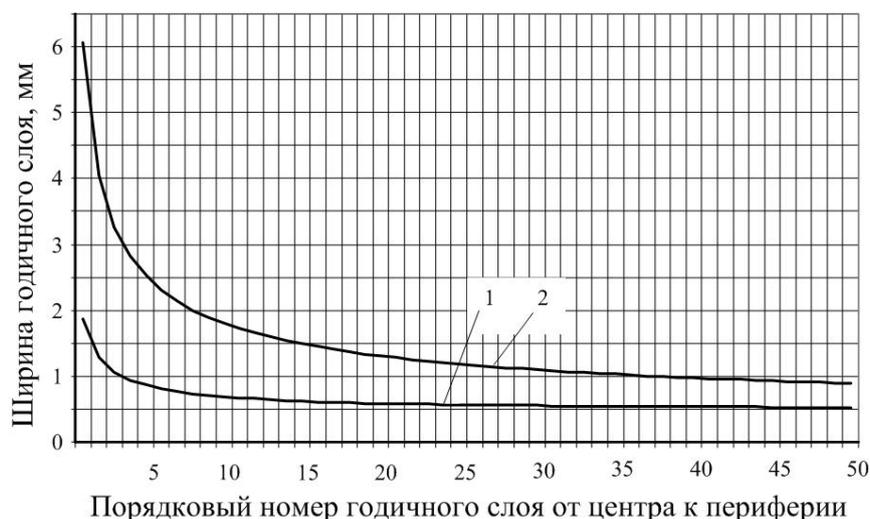


Рис. 5. Зависимости изменения ширины годовичных слоев на поверхности листа шпона от центра к периферии в плоскости реза: 1 – плоскость реза на расстоянии 10 мм по оси ОУ; 2 – плоскость реза на расстоянии 120 мм по оси ОУ

Графики зависимостей изменения ширины годовичного слоя на поверхности шпона показывают, что наибольшую ширину имеют годовичные слои, расположенные в срединной части плоскости листа шпона. Однако, начиная с 40-го годовичного слоя (расстояние примерно 20 мм от середины листа), ширина последующих слоев изменяется незначительно и находится в интервале 0,5–0,8 мм. Следовательно, можно предполагать равнослойность текстуры поверхности шпона при данном способе строгания, а некоторое увеличение ширины годовичных слоев его срединной части придает поверхности дополнительную декоративность текстуры.

Таким образом, предлагаемый способ раскроя кряжей на ванчesy и последующее их строгание вдоль волокон могут обеспечить возможность формирования строганого шпона с текстурой радиального вида, пониженной шероховатостью поверхности и более технологичное изготовление лицевых поверхностей с одинаковым рисунком в производстве мебели.

Библиографический список

1. Волынский В.Н. Первичная обработка пиломатериалов на лесопильных предприятиях / В.Н. Волынский. – М.: Риэл-пресс, 2005. – 256 с.
2. Пат. 2414348 Российская Федерация МПК⁷ В 27 В 1/00 Способ изготовления строганого шпона / С.П. Исаев, Н.О. Бегункова, О.И. Бегунков; заявитель и патентообладатель Тихоокенаск. гос. ун-т. № 2009148397/21 ; заявл. 24.22.09 ; опубл. 20.03.2011. – Бюл. № 8. – 4 с.: ил.
3. Плахов В.Н. Производство строганого шпона / В.Н. Плахов. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 128 с.

4. Оборудование для производства строганого шпона / подгот. З.Г. Коростоловой // Экспресс-информ. Заруб. опыт. Плиты и фанера. – Вып. 9. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1986. – С. 4–5.

5. Василевская П.В. Особенности изготовления строганого шпона из древесины тропических пород / П.В. Василевская // Плиты и фанера. – Вып. 10. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1981. – С. 8.

6. Диагностические признаки древесины и целлюлозных волокон, применяемых в целлюлозно-бумажной промышленности СССР: атлас / под ред. Г.М. Козубова, Н.П. Зотовой-Спановской. – Петрозаводск : Карельский филиал АН СССР, 1976. – 152 с.

И.К. Божелко, В.Б. Снопков
БГТУ, Минск, РБ
VIKBSTU@mail.ru

БИОЗАЩИТА ДЕРЕВЯННОЙ ШПАЛОПРОДУКЦИИ (PROTECTION OF WOODEN SLEEPERS)

Целью исследования является разработка биозащитного средства для пропитки деревянной шпалопродукции. Применение данного антисептика позволяет снизить энергозатраты на процесс импрегнации шпал и количество вредных выбросов.

The aim of the study is to develop preservative for impregnating of wooden sleepers. This preservative to reduce energy consumption for impregnation of sleepers and the amount of harmful emissions.

Широкое использование деревянной шпалопродукции обусловлено рядом их преимуществ: высокая упругость; большой коэффициент трения о балласт; деревянная шпала, переводной и мостовой брус которой можно использовать для рельсов с различной шириной подошвы и при уширении колеи на кривых участках; морозостойкость; высокое сопротивление электрическому току; ремонтпригодность в пути. Условия эксплуатации деревянных шпал относятся к 13 классу условий службы в соответствии с ГОСТом 20022.2 и 4 по EN 335. Вымывание умеренное 3-й степени, характер увлажнения – почвенная влага и загрязнения органического характера. В процессе эксплуатации на шпалы воздействует целый ряд факторов окружающей среды. Среди них есть климатические (ультрафиолетовое излучение, ветровые нагрузки, колебания температуры и влажности, кислород воздуха) и биологические (грибы, насекомые, бактерии, растения).

Деревянные шпалы постоянно подвержены механическому износу. Под влиянием атмосферных воздействий сначала разрушается поверхностный слой материала. Частое увлажнение и просыхание в условиях солнечной радиации и контакта с воздухом приводит к мацерации древесных волокон, в результате чего появляется ворсистость поверхности. Такой материал легко удерживает пыль и влагу. Климатические факторы вызывают деструкцию древесины и создают благоприятные условия для ее гниения. Особым образом протекает процесс разрушения шпал в зоне прокладок и костылей. Сначала происходит механическое разрушение древесины в зоне контакта с металлом, затем – попадание воды в зону разрушения. Это приводит к загниванию и более быстрому механическому разрушению шпал. От состояния шпал во многом зависит

безопасность движения железнодорожных поездов. Деревянные шпалы приходят в неработоспособное состояние после подтески подрельсовых площадок, при гниении, при сквозных трещинах, поперечных изломах.

Качественная пропитка обеспечивает биозащиту шпал на заданный срок эксплуатации. Уровень биозащиты древесины, эксплуатируемой в тяжелых условиях, во многом зависит от эффективности применяемых антисептиков. Отсутствие достоверных данных о долговечности антисептиков и лабораторных методик по определению срока службы пропитанной древесины затрудняет определение области применения и требуемого поглощения пропиточных составов. Под классификацию ГОСТа 20022.0 не попадают многие современные антисептики. Трудности использования действующих стандартов сопряжены значительным несоответствием европейским нормативным документам [1]. В соответствии с ГОСТом 20022.2 изделия из древесины подразделяются на 18 классов условий службы, в то время как по EN 335 их только 5. Другими неотъемлемыми параметрами биозащиты шпал являются поглощение и глубина пропитки. Они определяются в зависимости от класса условий службы древесины согласно ГОСТу 20022.2 и EN 335.

Современный рынок в области защиты древесины предлагает большое многообразие защитных средств. Анализ имеющихся данных показывает, что высокоэффективные антисептики содержат в своем составе либо тяжелый металл, либо тяжелые нефтяные фракции. Большинство из перечисленных и ранее широко применявшихся препаратов в данный момент запрещены для применения по экологическим соображениям. Почти во всех водорастворимых композициях активным антисептическим ингредиентом являются производные O,N,S-содержащих гетероциклов: 1,2-изотиазолинона-3, бензимидазола, бензтиазола и др. Синергетический эффект достигается путем их комплексования с солями меди. Примерами таких защитных средств являются антисептики Tanalith E 3492, Vochemit Forte, Korazit TS и др.

Более предпочтительными для пропитки шпал являются масляные составы. Они обеспечивают не только биостойкость, но и влагозащиту древесины, что предохраняет ее от преждевременного растрескивания. Глубокие трещины на шпалах обнажают непропитанную древесину, тем самым способствуют поражению ее грибами. Недостатком предлагаемых современных масляных антисептиков является необходимость их подогрева для качественной пропитки шпал. Высокая температура (90–95 °С) процесса пропитки влечет за собой испарение большого количества вредных веществ в окружающую среду и околопропиточную зону, а также дополнительные энергозатраты на подогрев. Как альтернатива традиционным защитным средствам для пропитки шпал предлагается пропиточный состав в виде лиофобной эмульсии типа «вода в масле» защитное средство СМПС. В качестве дисперсионной среды предложено использовать попутные продукты при пиролизе углеводородного сырья. Инфракрасная спектроскопия и газохроматографический анализ позволили выявить в их составе высокоэффективные фунгициды и инсектициды. Данного типа вещества воздействуют на грибную клетку, блокируя обязательные для дереворазрушителей экзоцеллюлярные процессы и ферменты, катализирующие внеклеточные окислительные процессы, предшествующие гидролизу углеводных компонентов клеточной стенки древесины. Отличительной особенностью нового состава по сравнению со сланцевым маслом является более низкая вязкость, и, как следствие, более высокая проникающая способность.

Для определения оптимального состава предлагаемого защитного средства использовалась обобщенная функция желательности [2]. Для построения обобщенной функции желательности, измеренные значения откликов преобразовывались в безразмерную шкалу желательности. В качестве откликов использовали основные критерии

защитного средства, применяемого для пропитки шпал. К данным критериям отнесли устойчивость к вымыванию антисептика, его проникаемость в древесину и токсичность защитного средства по отношению к дереворазрушающим грибам. Для определения зависимостей критериев от содержания компонентов применялось симплекс-решетчатое планирование [2].

Токсичность защитного средства по отношению к дереворазрушающим грибам определяли по МВИ ХХХ.001-2003. Сущность метода определения защищающей способности антисептика состоит в измерении ширины зоны обрастания агарового блока мицелием гриба на образцах древесины, пропитанных защитным средством, и установлении ингибирующего эффекта защитного средства.

Для идентификации грибов с высокой степенью достоверности использовался ускоренный метод путем выделения ДНК и сравнения их с ДНК-маркерами. Методика основана на проведении анализа с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР). В основе метода ПЦР лежит природный процесс – комплементарное достраивание ДНК матрицы, для которой создается искусственный ДНК-праймер, который приклеивается к грибу и дает сигнал ферменту ДНК-полимеразе отклонировать и фермент копирует этот слипшийся фрагмент.

Проникающая способность антисептика определялась по ГОСТу 27014, устойчивость к вымыванию – МВИ ХХХ.004-2008. Сущность метода определения устойчивости к вымыванию антисептика заключается в определении снижения биозащитности пропитанных образцов древесины после вымывания.

Полученная оптимальная рецептура антисептика следующая: масляная фракция в виде побочных продуктов пиролиза – 89; поверхностно-активные вещества – 0,5; вода – остальное. После получения оптимальной рецептуры защитного средства проводилось дальнейшее исследование технологических и эксплуатационных свойств антисептика в научно-исследовательской лаборатории огнезащиты строительных конструкций и материалов, ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», научно-исследовательском институте пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. В результате проведенных испытаний установлено следующее: предлагаемый пропиточный состав относится к 4 классу опасности; имеет низкую коррозионную агрессивность; не снижает прочности древесины и клеевых соединений; является высокоэффективным по отношению к дереворазрушающим, плесневым и деревоокрашивающим грибам; имеет высокую проникающую способность; увеличивает удельное объемное электрическое сопротивление древесины в 1,5–5,2 раза в зависимости от влажности, удельное поверхностное электрическое сопротивление в 2,5–4,7 раза.

Для определения долговечности древесины, пропитанной новым антисептиком, класса условий службы и требуемого поглощения пропиточного состава использовалась ускоренная методика определения устойчивости к старению защитных средств для древесины [3]. Сущность методики заключалась в проведении циклических испытаний образцов с целью ускоренного старения в климатической камере. После старения проводились испытания по определению защищающей способности против дереворазрушающих грибов согласно МВИ ХХХ.001-2003. В результате проведенных исследований установлено, что требуемое поглощение защитного средства для биозащиты шпал сроком на 15–20 лет составляет 80–90 кг/м³.

Для определения кинетики пропитки шпал до указанного выше поглощения были проведены промышленные эксперименты на автоклавной установке емкостью 56 м³ с жидкостным способом создания давления. Установлено, что заданные поглощение и глубина пропитки достигаются способом вакуум–давление–вакуум; продолжи-

тельность пропитки сосновых шпал со средним содержанием заболони 30–40 % и температуре антисептика 50 ± 2 °С составляет 90–120 мин.

Таким образом, предлагаемое защитное средство удовлетворяет действующим в странах СНГ требованиям ГОСТа 30495, ГОСТа 30704. Шпалопродукция, пропитанная им, соответствует параметрам защищенности по ГОСТу 20022.0. Предлагаемый пропиточный состав равномерно распределяется в шпале, замедляет процесс естественной сушки древесины после пропитки и, как следствие, предотвращает ее растрескивание. Одним из преимуществ применения разработанной технологии пропитки деревянной шпалопродукции является исключение необходимости подогревания пропиточного состава до температуры в пределах 95 °С. Данная технология требует дополнительного оборудования для приготовления пропиточного состава в виде эмульсии, однако позволяет снизить материальные затраты на пропитку и уменьшить количество вредных выбросов в окружающую среду. Предлагаемая технология позволяет снизить себестоимость пропитанных шпал и имеет промышленное внедрение на ОАО «Борисовский шпалопропиточный завод».

Библиографический список

1. Бротте Т. Различие скандинавских и российских стандартов по защитной обработке древесины / Т. Бротте, Е. Варфоломеева, О. Мартинсен // Лесной журнал. – 2002. – № 3.
2. Колесников В.Л. Компьютерное моделирование и оптимизация химико-технологических систем: учеб. пособие [для студентов химико-технологических специальностей] / В.Л. Колесников, И.М. Жарский, П.П. Урбанович. – Минск: БГТУ, 2004. – 532 с.
3. Божелко И.К. Определение долговечности защитных средств для древесины. Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: матер. междунар. научно-техн. конф., Минск, 24–26 ноября 2010 г. / И.К. Божелко. – Минск: БГТУ, 2010. – С. 423–426.

О.Н. Ведерников, В.В. Сергеев, Б.Е. Меньшиков
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
leskpao@mail.ru

КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ (COMPLEXES FOR DRYING TIMBER)

Использование древесных отходов для сушки древесины путем сжигания их в топках (новейших разработок) является весьма актуальным. При этом решаются две важнейших задачи – экологическая и экономическая.

Usage of arboreal waste for drying timber by incineration them in furnaces of the off-the-shelf minings is rather actual. Thus two major problems are decided: ecological and economical.

Классическая технологическая линия по деревообработке обязательно имеет участок сушки древесины. Без качественной сушки нет и не может быть деревообработки. Этот участок является, пожалуй, самым сложным во всей технологической цепи переработки древесины – от растущего в лесу дерева до готового изделия.

И, как показывает опыт, многие предприятия сталкиваются с серьезными проблемами, поскольку специалистов данного профиля не готовит ни один вуз РФ. Тот небольшой курс, который читается в рамках специальности по технологии деревообработки не охватывает всего многообразия вопросов по технологии сушки и конструкциям лесосушильных камер.

В настоящее время в массовой сушке пиломатериалов наибольшее распространение получили конвективные лесосушильные камеры. Основными теплоносителями этих камер является либо горячая вода, либо технологический пар (в меньшей степени).

В этом случае возникает необходимость в котельной, строительство или модернизация которой должны решаться с учетом функционирования всех участков и производственных цехов предприятия не только в летних условиях, но и в зимних:

1. Необходимо предусматривать обязательное отопление всех цехов, и, в первую очередь, цехов деревообработки.

2. Обеспечение теплоносителем в достаточном количестве всего блока сушильных камер (не менее $5-7 \text{ кДж}/(\text{с} \cdot \text{м}^3)$).

Выполнение указанных требований вызывает ряд проблем, которые необходимо решать совместно со строительством сушильных камер, так как большинство предприятий создается на полностью приведенных в упадок или новых строительных площадках, и прокладка коммуникационных тепловых сетей на начальном этапе их деятельности практически невыполнима (за исключением воздушной).

Альтернативой классическому теплоснабжению цехов деревообработки и участка сушки является обогрев помещений и рабочих объемов камер потоками рециркулирующего воздушного потока, являющегося теплоносителем (энтальпия которого повышена при прохождении через внутренний объем жаротрубного теплообменника, находящегося в рабочем объеме топки или над ней).

Рассмотрим данный способ теплоснабжения и принципиальные схемы тепловоздушной (жаротрубной) и калориферной установок на примере сушильной камеры.

Как известно, автономная классическая паровоздушная сушилка включает в себя сушильное помещение, котельный агрегат с топкой и водяные или паровые калориферы. В топке при сжигании различного вида топлив образуются продукты сгорания – раскаленные топочные газы, энтальпия которых превышает две тысячи кДж/кг сухого топочного газа. Поступая к котлу, они превращают воду в пар или просто нагревают ее. Полученные пар или горячая вода по системе трубопроводов поступают в калориферы сушильной камеры, где они отдают свою теплоту агенту сушки. Как видно, вода и пар являются промежуточным теплоносителем, связывающим между собой котел и калорифер, в которых протекают противоположные по направлению процессы поглощения и выделения тепла.

Жаротрубная лесосушильная камера состоит из сушильной зоны рабочего объема установки, топки и теплообменника специальной конструкции, предназначенного для нагревания сушильного агента топочными газами через разделительные плоские стенки или стенки труб. Подогретый воздух по системе воздухопроводов поступает в рабочий объем камеры, смешивается с побуждаемым вентилятором агентом сушки, проходит через штабеля пиломатериалов, где насыщается влагой из древесины и охлаждается. Отработанный агент сушки удаляется из камеры, а некоторая его часть ре-

циркулируется в жаротрубный теплообменник. Таким образом, в этой схеме исключена потребность в сантехнических элементах (таких, как калориферы, конденсатоотводчики, обратные клапаны, вентили и т.д.) в рабочем пространстве камеры и в коридоре управления.

Учитывая требования рынка и конкурентоспособность продукции деревообработки, к качеству сушки пиломатериалов должны предъявляться высокие требования. При этом кроме видимых дефектов сушки (трещины и коробление, которые не допускаются и являются браком сушки), влияющих на себестоимость изделий за счет увеличения коэффициента расхода пиломатериалов, большую роль играют влажностные показатели качества высушенных пиломатериалов (отклонение конечной влажности от среднего её значения; перепад влажности по толщине сортимента и наличие внутренних напряжений, являющихся результатом неравномерной усушки материала). Достижение требуемого качества пиломатериалов обеспечивается применением специальных температурно-влажностно-временных режимов и, в большей степени, конструкцией сушильных камер, в которых должно поддерживаться соответствующее равномерное (основное требование) температурно-влажностное поле в рабочей зоне сушильного пространства (в штабелях пиломатериалов) и технически грамотным выбором теплового оборудования.

Таким образом, выполнение высоких требований к качеству древесины возможно лишь при условии комплексного решения организационных, технических и технологических элементов сушки.

Как известно, с такого рода источниками тепла лесосушильные камеры появились на рынке в последние годы прошлого столетия, и выпускаются различными предприятиями: ООО «Макил» (УВН), ООО «Мехмаш», ООО «Босфор» (Мобитес), ООО «Союз» («Георгий», «Емеля») и многими другими. Имеются единичные примеры изготовления подобных установок силами самих предприятий (гораздо ранее их широкого внедрения, 1996–2000 г.г.), например, в ОАО «Кыновской ЛПХ» (Пермский край).

Однако следует учесть, что при сушке непосредственно нагретым воздухом возникает необходимость в получении определенных параметров теплоносителя и одновременно в образовании желательных параметров сушильного агента с тем, чтобы увязать процессы горения топлива и сушки материала в единый тепловлагодобменный процесс. При этом необходимо получить оптимальные параметры процесса горения и одновременно осуществить процесс сушки с наибольшим технико-экономическим и технологическим эффектом.

А вот это противоречие не решено. В большинстве вышеперечисленных сушильных агрегатах рециркуляция агента сушки осуществляется в вынесенном вне сушильного пространства центробежном вентиляторе, подогрев воздуха происходит в теплообменнике, также вынесенном за пределы сушильной камеры, кроме того у них имеется отбор агента сушки на поддув топки, что в комплексе принципиально не позволяет достичь и поддержать высокую влажность агента сушки. Таким образом, нет возможности организовать начальный прогрев пиломатериалов, конечную влаготеплообработку и (при необходимости) кондиционирование пиломатериала. Даже применение специальной увлажнительной системы (внутри жаротрубного теплообменника) мало спасает положение, так как становится невозможным сжигать высоковлажные отходы лесопиления. В классических топках подсушенный опил горит только по поверхности бурта. В процессе горения нижние слои опила пиролизуются (к ним не поступает кислород воздуха), что приводит к закоксовке и далее – к выгоранию чугунной колосниковой решетки топки. Эффективность работы такой установки с подобной топкой

составляет 10–15 % номинальной. Влажный опил и технологическая щепа в колосниковых топках без ворошения горят неудовлетворительно.

Производители рекомендуют в такие моменты переходить на сухое топливо, что крайне неудобно и не всегда выполнимо, а при сжигании хвойных пород появляется опасность засмоления дымовых каналов.

В современных камерах должна быть обеспечена равномерная скорость циркуляции воздуха по материалу, а воздухообмен камеры должен обеспечивать стабильные параметры агента сушки, как по показаниям сухого, в особенности смоченного, термометров. Слабыми звеньями в аэродинамике камер являются:

- система забора-подачи воздуха для повторного подогрева;
- равномерное распределение и смешение горячего воздуха с агентом сушки;
- конструкция приточно-вытяжных каналов.

Итак, лесосушильные камеры указанного типа характеризуются неотработанной конструкцией и технологией сушки и, как следствие, низким качеством сушки пиломатериалов (III категория качества сушки).

В этом смысле интерес представляет тепловоздушный сушильный агрегат ВН-250 Екатеринбургской фирмы «Строник», оборудованный компактной универсальной топкой (при габаритах каменноугольной котельной установки мощность топки при работе на древесных отходах на 20 % больше), позволяющей сжигать в любом соотношении и практически любой влажности (даже более 60 % без предварительной досушки) кусковые и мягкие отходы деревообработки, лесопиления, различные угли, сланцы и другие виды топлив.

Принцип работы основан на теплообмене между продуктами сгорания отходов деревообработки (сжигаемых в топке горнового горения) и воздухом.

Для увеличения интенсивности горения использована технология горения в *«кипящем слое»* (по терминологии прошлого века – псевдокипящий слой), который представляет собой вертикальное возвратно-поступательное движение твёрдых частиц в газовом потоке.

Технология горения в кипящем слое позволяет частицам топлива гореть по всей поверхности частицы. В случае горения мелких частиц эффективность горения увеличивается в сотни раз. Горение отходов деревообработки в кипящем слое – это высокотемпературное (1000 °С) бушующее пламя, заполняющее весь объем топки. Мелкофракционное топливо подается сверху, проходя через пламя, частицы нагреваются. В нижней части частицы падают на воздушную подушку, которая их подбрасывает. Совершая возвратно-поступательное движение, частицы топлива нагреваются, высыхают и сгорают.

Преимуществом топок «Строник» является отсутствие подвижных деталей и простота в изготовлении.

Коробление конструкции топки из-за высокого градиента температур отсутствует благодаря полусвободному креплению колосников. Стабильно-мелкая фракция получаемой золы позволила отказаться от традиционных устройств удаления золы (1 % от массы сжигаемого топлива) из топки, что привело к стабильной её работе (жаротрубный воздухонагреватель устойчиво работает при любой потребляемой мощности от 10 до 100 % номинальной). При этом временная постель превращается в постоянную, а низкая теплопроводность золы позволяет полностью отказаться от классической колосниковой решетки, она заменена стальной цилиндрической.

При комплектации лесосушильных камер с мощной равномерной циркуляцией агента сушки по пиломатериалу (по предложению О.Н. Ведерникова, см. рис. 1) рассмотренным выше теплообменником ВН-250, имеющим устройства увлажнения воздуха и автоматики управления процессом сушки, можно ожидать, что на рынке деревообрабатывающего оборудования появится перспективная и сравнительно дешевая автономная установка (рис. 2).

Преимущества новых сушильных комплексов:

- предельная дешевизна получаемой тепловой энергии;
- утилизация отходов лесопиления и деревообработки;
- надежность эксплуатации на топливе влажностью более 60 % ;
- отсутствие опасности размораживания в отличие от водяных систем;
- минимальные капитальные и эксплуатационные расходы;
- высокая культура производства;
- минимальное электропотребление;
- минимальные габариты;
- быстрый монтаж;
- комплексы не подлежат регистрации Госкотлонадзора;
- срок окупаемости менее одного года.

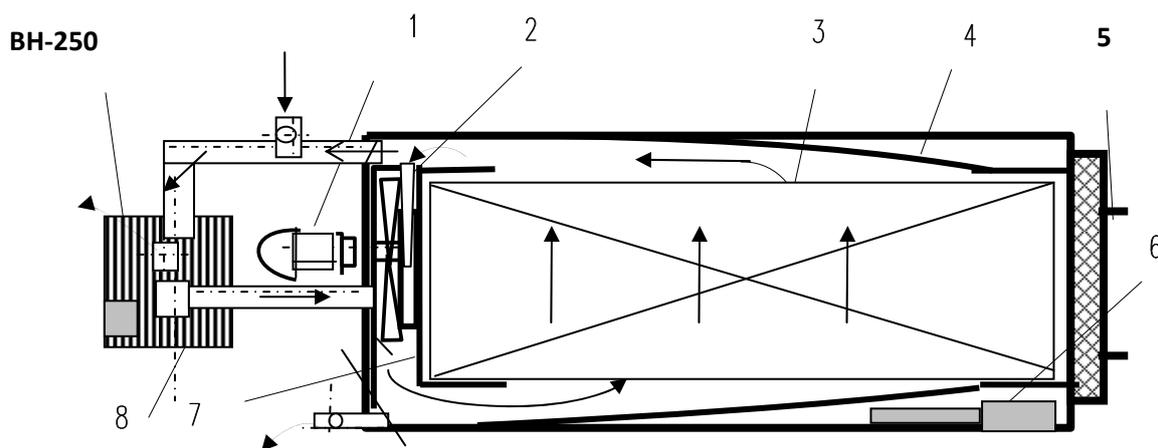


Рис. 1. Сушильная камера для предприятий малого бизнеса:

1 – электропривод центробежного вентилятора – побудителя циркуляции воздуха в рабочем объеме камеры; 2 – конфузор для подачи воздуха из штабеля во всасывающее отверстие кожуха вентилятора; 3 – штабель высушиваемых пиломатериалов; 4 – боковая поверхность криволинейно-сопряженного отсасывающего воздуховода; 5 – рельсовый путь камеры; 6 – электропсихрометр системы автоматического управления камерой; 7 – «П»-образный предвентиляторный экран; 8 – жаротрубный теплообменник с топкой

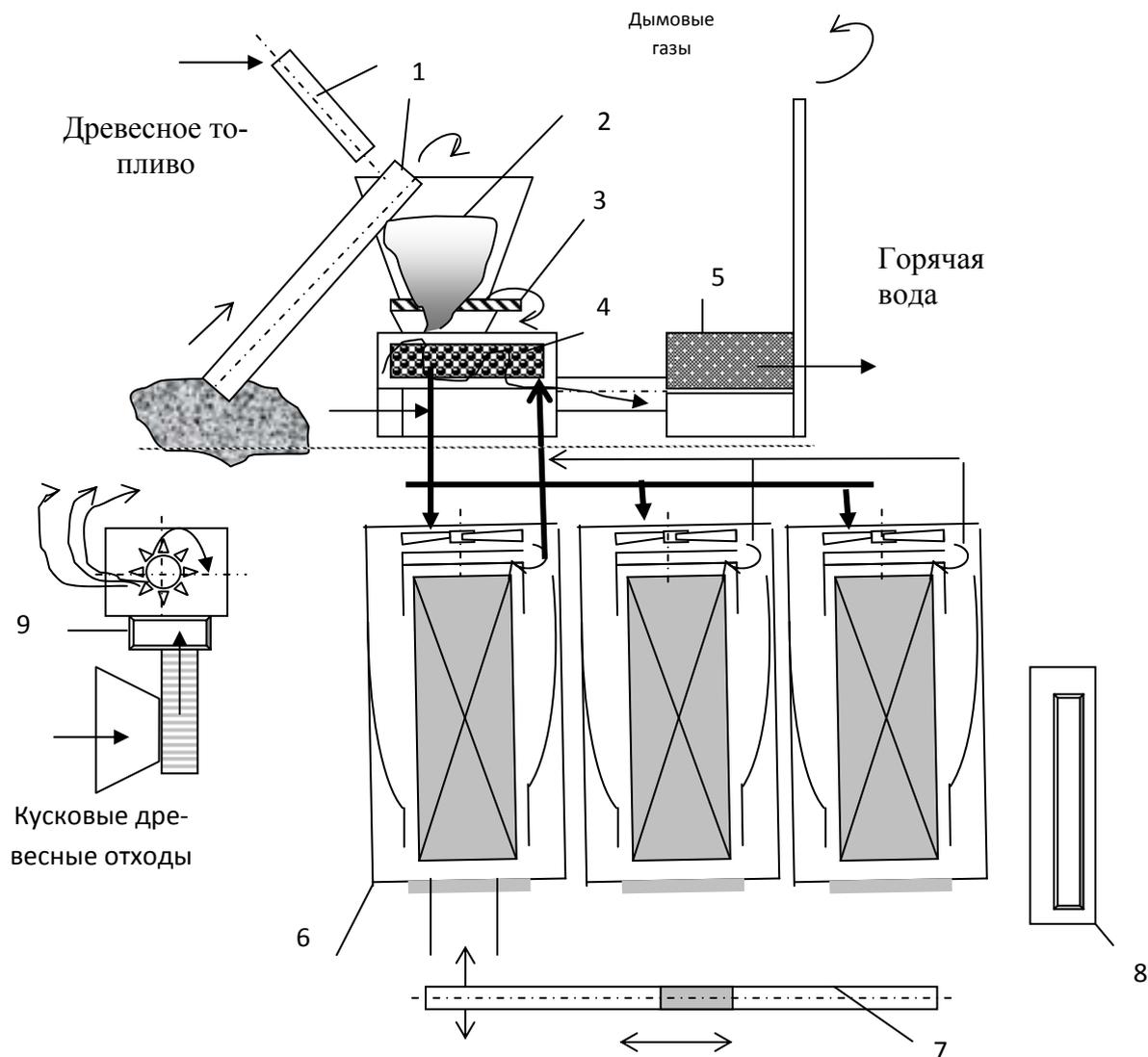


Рис. 2. Блок-схема сушильного автоматизированного комплекса:

1 – пневмотранспортные трубы; 2 – бункер-накопитель мягких древесных отходов; 3 – шнек-дозатор подачи отходов в топку; 4 – топка с жаротрубным теплообменником; 5 – водогрейный котел; 6 – блок лесосушильных камер; 7 – электротельфер или кран-балка для формирования и перемещения пакетов штабелей пиломатериалов; 8 – автоматическая система регулирования температуры внутри топки, воды в котле и температурно-влажностных параметров режимных параметров воздуха в рабочем объёме сушильной камеры; 9 – транспортер и устройство дробления кусковых древесных отходов

О.Н. Ведерников
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
leskpao@mail.ru

СУШКА, ПРОГРЕВ ДРЕВЕСИНЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ **(DRYING, WARMING OF TIMBER AND ITS FEATURES)**

В настоящее время отличительной чертой процессов сушки на предприятиях лесного комплекса является отсутствие технологического пара. В качестве теплоносителя для этих целей используется горячая вода. Процесс сушки происходит одновременно с прогревом древесины, это усложняет технологию. В статье приводится описание инженерного решения математической модели процесса, проверенного на практике, на способ получено положительное решение о выдаче патента.

Now distinctive feature of processes drying at the enterprises of a wood complex is the absence technological pair. As the heat-carrier for these purposes hot water is used. The process drying occurs simultaneously with warming of wood, it complicates technology. In clause the description of the engineering decision of mathematical model of the process which has been checked up in practice is resulted on a way the positive decision on distribution of the patent is received.

В настоящее время проанализирован обширный материал по исследованию технологии и техники сушки пиломатериалов в малых лесосушильных камерах, используемых на нижних складах леспромхозов и в предприятиях с небольшими годовыми объемами производства (1500–5000 м³). Основные результаты, полученные по вскрытию закономерностей механизма переноса тепла и влаги к поверхности материала (внешний тепловлагодперенос) и внутри материала (внутренний тепловлагодперенос) сводятся к следующему.

Отличительной чертой этого единого комплексного процесса является тесная взаимосвязь между внешним и внутренним переносом тепла и влаги, наличие нестационарных полей температур и скоростей в обрабатывающей среде (сушильном агенте), нестационарных полей температуры и влагосодержания внутри материала.

Особые трудности вскрытия закономерностей сушки в установках малой мощности при конвективном теплообмене вызывают переменные условия среды, когда перенос тепла к поверхности материала осуществляется одновременно действием теплопроводности и конвекции – это сложный нестационарный кинетический процесс. Под влиянием неравномерного распределения температуры и влагосодержания в высушиваемом пиломатериале создается объемно-напряженное состояние. Это, в свою очередь, является результатом недопущенной усушки различных слоёв материала, что приводит к локальному разрушению или его деформации. В реальных условиях в большинстве таких камер, эксплуатируемых на нижних складах леспромхозов, лесхозов и на малых предприятиях рабочих поселков и городов, где в качестве источника тепла используется горячая вода или энтальпия дымовых газов, процесс сушки древесины осуществляется одновременно с ее начальным прогревом.

Характерный график, отражающий описанный реальный процесс сушки в таких камерах представлен на рис. 1. Совмещенный неизотермический процесс, в отличие от общепринятого (с начальным прогревом в насыщенной паром среде) усложняет продвижение влаги к поверхности материала, вызывая ее перегрев. Наличие температурного градиента внутри материала (температура поверхности больше температуры цен-

тральных слоев) вызывает поток жидкой и парообразной влаги за счет термодиффузии по направлению потока тепла, т.е. к центру сортимента.

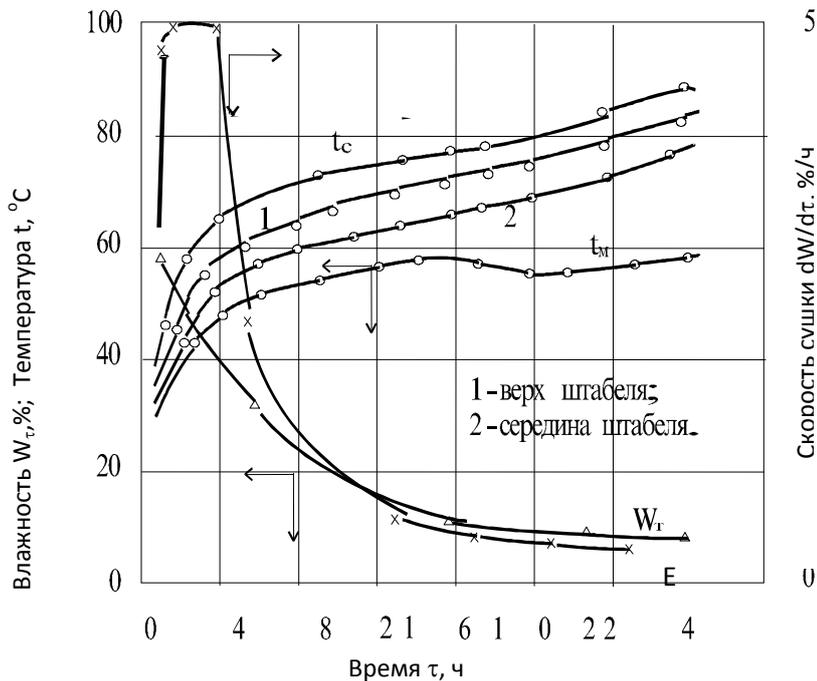


Рис. 1. Температурные кривые и кривая сушки березовых пиломатериалов толщиной 40 мм в камере без их начального прогрева

Перепад температуры препятствует движению влаги к поверхности тела и одновременно уменьшает интенсивность теплообмена за счет уменьшения разности температур между температурой среды и температурой поверхности материала, при этом зона испарения перемещается во внутрь сортимента. Критерий фазового превращения стремится к единице. Рассмотренный выше механизм внутреннего тепловлагоденоса в толще материала при переменных условиях среды, можно описать выражениями, полученными в ранних работах академика А.В. Лыкова [1].

Основываясь на этих зависимостях и опираясь на экспериментальные данные с учетом величины перепада влажности по сечению материала, была получена обобщенная зависимость, характеризующая очень важное положение динамики сушки – величину критерия фазового перехода [2]. Его значение находится в пределах, близких к 0,87, т.е. перенос влаги в высушиваемом материале происходит в виде пара (87 %) и только 13 % в виде жидкости, что значительно увеличивает продолжительность сушки.

Полученный результат подтверждает предположение о том, что при постоянно изменяющихся температурно-влажностных параметрах среды в неизотермических условиях, когда тепловой поток направлен против потока влаги, по мере ее удаления сопротивление переносу из глубинных слоев сортимента возрастает.

Однако, как показали исследования профессора П.С. Серговского [3], испарение влаги с поверхности материала (за счет испарительной способности среды, поскольку степень насыщенности ее меньше единицы) приводит к состоянию, когда $W = W_{n.n.}$, и это вызывает обусловленное диффузией перемещение влаги из нижележащих слоев к поверхности. Когда диффузная зона достигает середины сортимента, влагосодержание по всему его сечению будет ниже предела насыщения.

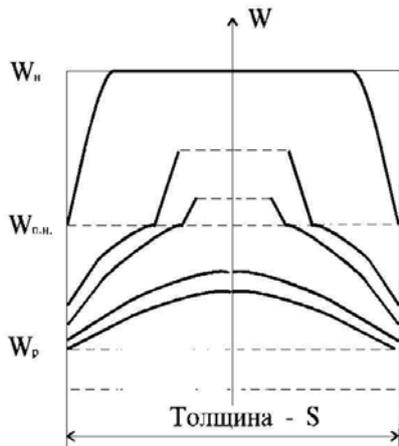


Рис. 2. Распределение влажности по толщине сортифта

Кривые распределения влажности будут иметь вид снижающихся к W_p парабол и скорость сушки практически опустится до нуля (см. рис. 2). Обширные исследования в этом направлении проведены в прошлом столетии в МГУЛ, СПГЛТА, СибГТУ, УГЛТУ и в ЦНИИМОДе. Из изложенного вытекает, что в низкотемпературных лесосушильных камерах малой мощности для определения продолжительности процесса сушки древесины могут быть использованы уравнения, основанные на анализе температурно-влажностных полей древесины с учетом данных как по тепловлагодкоэффициентам, критерию фазового перехода, так и по внутренним источникам тепла в виде испаряемой влаги.

Роль внутренних напряжений в формировании потребительских свойств древесины, как конструкционного материала, известна давно, однако исследованию влияния внутренних напряжений на качество высушиваемых пиломатериалов в достаточ-

ной степени стало уделяться только в семидесятые годы.

Количественная оценка величины внутренних остаточных напряжений в пиломатериалах стала возможной после введения стандартизированного метода по ГОСТу 11603, в основу которого легли результаты исследования динамики развития внутренних напряжений при сушке многостержневой модели, предложенной академиком Б.Н. Уголевым [4]. Модель, в частном случае, характеризует изменение остаточных деформаций в поверхностных и центральных зонах высушиваемых сортиментов. В общем виде внутренние напряжения являются мерой незавершенности релаксационных процессов и зависят от многих факторов, основными из которых являются перепад влажности по сечению сортимента, плотность древесины и жесткость режима сушки. В зависимости от указанных факторов величина остаточных напряжений в высушенном материале колеблется от десятых долей до нескольких единиц мегапаскалей.

Отсутствие технологического пара для искусственного увлажнения среды на малых предприятиях не позволяет качественно проводить конечную влаготеплообработку, поэтому на первом этапе работы для сушильных участков цехов деревообработки леспромхозов рекомендуется своеобразная операция «кондиционирования» пиломатериалов в рабочем объеме камеры при закрытых воздухообменных каналах (температура среды в камере по сухому термометру снижается, при этом влажность воздуха повышается и влажность поверхности древесины стремится к её равновесному состоянию – W_p).

В рамках изучаемого нестационарного тепловлагодпереноса, обобщая результаты исследований, создана аналитическая модель процесса сушки древесины при переменных условиях среды без начального прогрева, её инженерное решение представлено ниже [2].

Сушильный агент:

$$t_c(\tau) = 76(1 - 0,5e^{-0,2\tau} - 0,4e^{-0,025\tau} - 0,1e^{-0,023\tau}),$$

$$W_T(\tau) = 17e^{-0,023\tau}; \quad \Delta t = 48,8 [1 - 0,36 \ln W_p(\tau)],$$

$$t_u = t_n + t_c(\tau) [1 - 0,86 \exp(-Pd'Fo) - 0,14 \exp(-H\tau)]$$

Древесина:

$$t_n = t_n + t_c(\tau) [1 - 0,61 \exp(-Pd'Fo) - 0,29 \exp(-H\tau)],$$

$$W_T(\tau) = W_p(\tau) + 51 e^{-0,025\tau};$$

$$\nabla W_n(\tau) = \exp(2,3W_T).$$

$$W_n(\tau) = W_p(\tau) + (W_n - W_p^H) \{0,03 \exp [(-0,02\tau) + Pd'Fo]\};$$

$$W_u(\tau) = W_p(\tau) + (W_H - W_p^H) \{0,66 \exp [(-0,02\tau) + Pd'Fo]\}.$$

Основным результатом настоящих исследований можно считать рекомендации по поддержанию степени насыщенности агента сушки за счет влаги, испаряемой из материала.

Анализ динамики развития внутренних напряжений при сушке древесины по методике, предложенной Б.Н. Уголевым и П.С. Серговским с учетом нестационарности процесса сушки, позволил установить, что наиболее безопасным режимом является режим, в котором закон изменения равновесной влажности соответствует нормативному (по ГОСТу 19773), в этом случае полные внутренние напряжения в поверхностной зоне сортамента не превышают предела прочности. Более того, есть возможность несколько «ужесточить» режим с целью его интенсификации. Для проверки изложенного были проведены опытные сушки с определением сорта березовых заготовок до и после сушки. Средний процент перехода заготовок по торцевым и пластевым трещинам в низшие сорта составил 0,75–1,0 %.

Библиографический список

1. Лыков А.В. Тепломассообмен / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1972. – 560 с.
2. Сергеев В.В. Повышение эффективности сушки пиломатериалов: монография / В.В. Сергеев. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2005. – 225 с.
3. Серговский П.С. Исследование влагопроводности и разработка методов расчета процессов сушки и увлажнения древесины: дис. д-ра техн. наук. Номер спец. 250403, защищена 1953г. Утв.1954 / Павел Семенович Серговский. – М.: 1953. – 659 с.
4. Уголев Б.Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке / Б.Н. Уголев. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 175 с.

**Ю.И. Ветошкин, И.В. Коцюба,
Л.И. Шайхлисламова, Г.З. Миннуллина
Д.В.Шейкман**
УГЛТУ, г Екатеринбург, РФ
gulya-exotika@mail.ru

ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ (CHEMICAL AND MECHANICAL UPDATING OF WOOD OF AN ASPEN)

Представлены результаты поискового эксперимента по химико-механической модификации древесины осины с применением различных полимерных составов. Модификация

фикация древесины осины улучшает физико-механические свойства и расширяет область ее использования.

Results of search experiment on chemical and mechanical updating of wood of an aspen with application of various polymeric structures are presented. Updating of wood of an aspen improves physic mechanical properties and expands area of its use.

Композиционные материалы, получаемые способом химико-механической модификации древесины, представляют собой пропитанную цельную древесину с последующим ее уплотнением разными способами, указанными на рис. 1 [1]. В качестве пропитки используют различные высокомолекулярные соединения. В результате получают древесно-полимерные материалы с заданными свойствами, например с улучшением технологичности, повышенной твердостью и долговечностью и др.

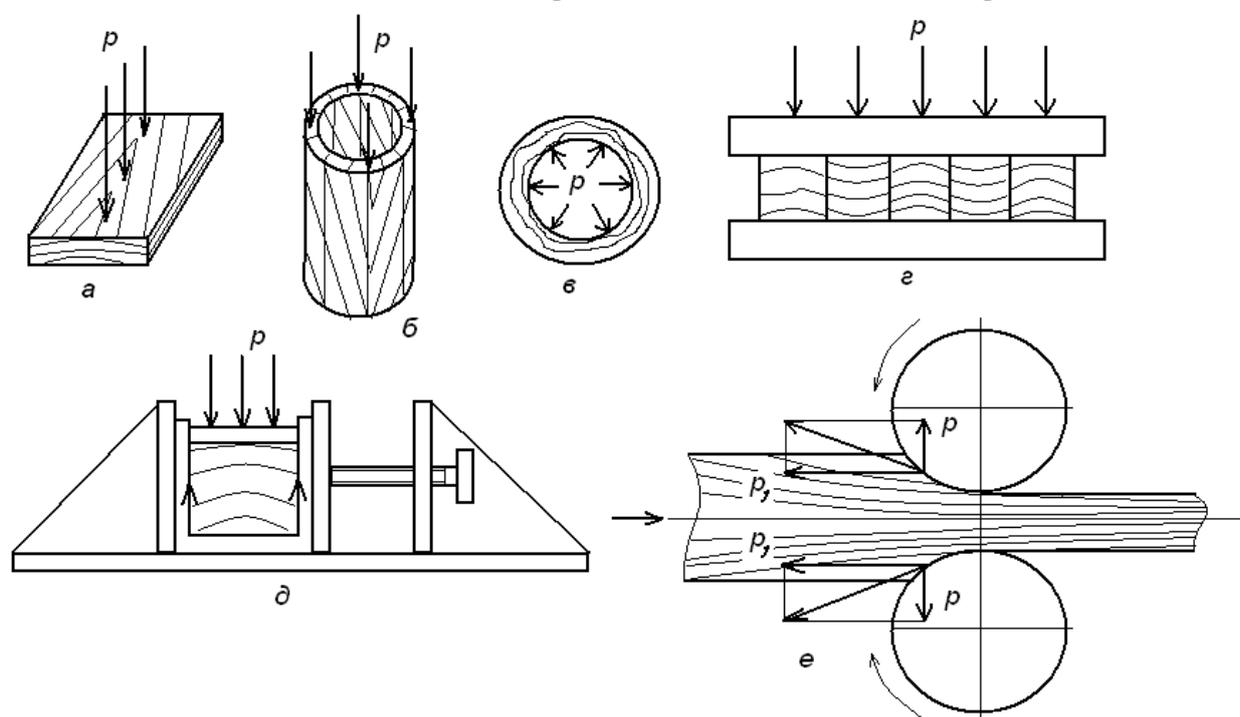


Рис. 1. Способы прессования древесины: а – одноосное поперечное ;
 б, в – радиальное; г – одноосное в плитах пресса;
 д – одноосное в пресс-формах; е – прокаткой валками

В УГЛТУ на кафедре МОД проведены эксперименты по модификации древесины осины высокомолекулярными соединениями: полиуретановым грунтом F1M196 фирмы RENIVER, составом на основе меламин, силиконовой пропиткой по способу г (см. рис. 1).

Отличительной особенностью проведения экспериментов было следующее:

- пропитку образцов из древесины осины влажностью $8 \pm 2\%$ с расходом 42, 62, 82 г/м² выполняли пропиточными составами различной вязкости открытым способом, многослойным нанесением пропиточного состава на поверхность древесины с целью наполнения и изменения структуры стенок сосудов;

- прессование осуществлялось в горячем прессе с уплотнением граничных поверхностных слоев образцов одновременно с прогревом, применяя дистанционные прокладки, и регулировкой величины упрессовки в диапазоне от 0,5 до 2,0 мм от первоначальной толщины заготовок.

Полученные результаты оценивались по твердости граничных поверхностных слоев образцов. Твердость по методу Бринелля (ГОСТ 9012-59) измеряли вдавливанием в испытуемый образец стального шарика определенного диаметра D под действием заданной нагрузки P в течение определенного времени (рис. 2). Число твердости по Бринеллю, обозначаемое HB , представляет собой отношение нагрузки P к площади поверхностного сферического отпечатка F и измеряется в $\text{кг}/\text{см}^2$:

$$HB = P / F .$$

Площадь шарового сегмента составит:

$$F = \pi Dh,$$

где D – диаметр шарика, мм;
 h – глубина отпечатка, мм.

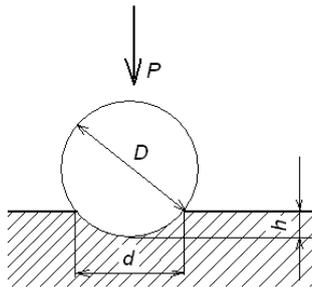
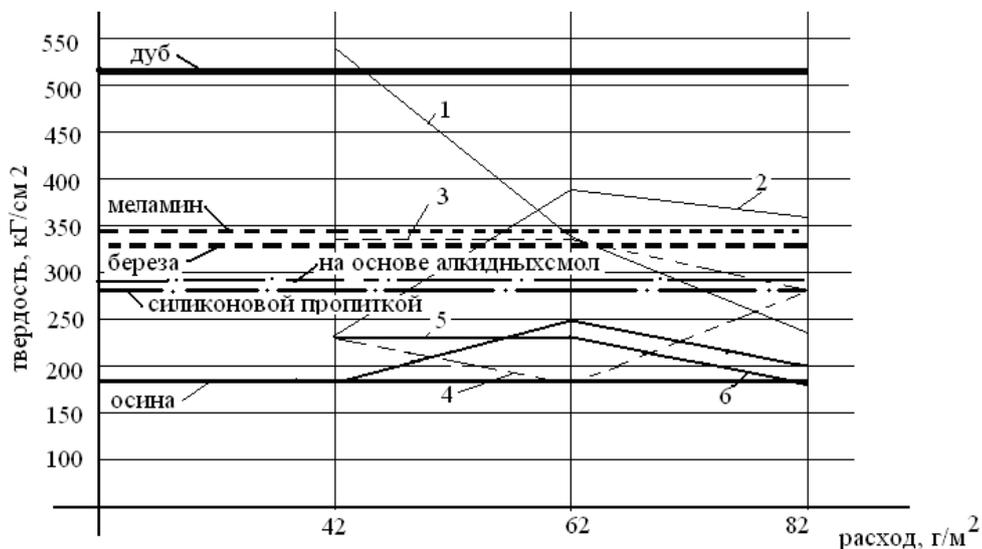


Рис. 2. Схема определения твердости по Бринеллю

Анализ результатов экспериментов (рис. 3) показывает, что величина твердости модифицированной древесины осины ($200\text{--}380 \text{ кг}/\text{см}^2$) значительно выше статической твердости необработанной древесины ($175\text{--}185 \text{ кг}/\text{см}^2$) для всех примененных в эксперименте пропиточных составов.



1 — грунт, 20с,упрессовка 2мм 3 — — — грунт, 20с,упрессовка 1,5мм 5 — — — грунт, 20с,упрессовка 0,5мм
 2 — — — грунт, 15с,упрессовка 2мм 4 — — — грунт, 15с,упрессовка 1,5мм 6 — — — грунт, 20с,упрессовка 0,5мм

Рис. 3. Результаты экспериментов по определению твердости модифицированной древесины осины при различных условиях

При изменении степени уплотнения поверхностных слоев древесины в диапазоне от 0,5 до 2,0 мм наилучшие результаты показали образцы с уплотнением в 1,5 мм. Следовательно, пористо-сосудистое анатомическое строение древесины, характеризующееся наличием сосудов, сердцевинных лучей и различного рода микро- и макрополостей, соединенных между собой системой пор возможно наполнять различными составами и уплотнять разными механическими способами, в частности одноосным сжатием в плитах пресса [2]. Под действием больших нагрузок в древесине появляются необратимые остаточные деформации, пластическое течение. Они изменяют физико-механические свойства древесины [3].

Механическое уплотнение, тепловая, химико-механическая и химическая обработка древесины изменяют ее твердость, временные упругие и остаточные деформации. Пропитка, наполнение смолами (полимеризация) и последующее уплотнение значительно улучшают эксплуатационные особенности модифицированной древесины осины, расширяя области применения такой древесины в народном хозяйстве.

Библиографический список

1. Винник Н.И. Модифицированная древесина: учеб. пособие [для вузов] / Н.И. Винник. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 160 с.
2. Перельгин Л.М. Древесиноведение: учеб. пособие / Л.М Перельгин; под. общ. ред. доц. Б.Н.Уголева. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 320 с.
3. Коротаяев Э.И. Использование мягкой лиственной древесины: учеб. пособие / Э.И. Коротаяев, М.И. Клименко; – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 128 с.

*А.А. Воробьев, И.Н. Спицын, Ю.А. Филиппов
СибГТУ, г. Красноярск, РФ
stanki@sibstu.kts.ru*

**ПОЛУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРОЦЕССА
ФРЕЗЕРОВАНИЯ ОТ ВИБРОСКОРОСТИ С УЧЕТОМ
АНИЗОТРОПИИ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ
(PRODUCTION OF DEPENDENCE OF THE ROUGHNESS OF PROCESS
OF MILLING FROM VIBROSPEED TAKING INTO ACCOUNT
ANISOTROPY OF THE ULTIMATE STRENGTH OF WOOD)**

Представлены результаты исследований по установлению взаимосвязи анизотропии предела прочности древесины сосны Сибирской с компонентом вибрации процесса фрезерования и параметром шероховатости обработанной поверхности. На основании имитационного твердотельного моделирования методом конечных элементов был получен параметр, отражающий технологические свойства, учитывающий механические характеристики обрабатываемой древесины.

Results of researches on an establishment of interrelation of anisotropy of an ultimate strength of wood of a pine Siberian with component of vibration of process of milling and parameter of a roughness of a treated surface are presented. On the basis of imitative solid-state

modelling by a method of final elements the parametre reflecting technological properties, noting mechanical characteristics of treated wood has been received.

Современный этап развития деревообрабатывающей отрасли характеризуется повышением требований к качеству обработки деталей, в частности производства мебели. Это предполагает совершенствование технологического оборудования и прежде всего назначение рациональных режимов обработки с учетом виброактивности дерево-режущих станков для улучшения параметра шероховатости обработанной поверхности и получения заданной точности изделий мебели.

При моделировании процесса резания древесины следует учитывать, что она является анизотропным материалом, ее свойства различаются в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Основными параметрами, характеризующими упругие деформации древесины являются: модуль упругости, E ; коэффициент Пуассона, μ ; модуль сдвига, G .

Между данными параметрами существует зависимость [1]

$$G = E/2 \cdot (1 + \mu) \quad G = E/2 \cdot (1 + \mu). \quad (1)$$

Согласно закону Гука относительная продольная деформация ε соответствует отношению:

$$\varepsilon = \sigma / E \quad \varepsilon = \sigma / E, \quad (2)$$

где σ – нормальное напряжение.

Для системы координат закон Гука (2) может быть записан в виде [1].

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E_x} - \frac{\mu_{yx}}{E_y} \cdot \sigma_y - \frac{\mu_{zx}}{E_z} \cdot \sigma_z \\ \varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E_y} - \frac{\mu_{xy}}{E_x} \cdot \sigma_x - \frac{\mu_{zy}}{E_z} \cdot \sigma_z \\ \varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E_z} - \frac{\mu_{yz}}{E_y} \cdot \sigma_y - \frac{\mu_{xz}}{E_x} \cdot \sigma_x \\ \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G_{xy}} \\ \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G_{yz}} \\ \gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G_{zx}} \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E_x} - \frac{\mu_{yx}}{E_y} \cdot \sigma_y - \frac{\mu_{zx}}{E_z} \cdot \sigma_z \\ \varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E_y} - \frac{\mu_{xy}}{E_x} \cdot \sigma_x - \frac{\mu_{zy}}{E_z} \cdot \sigma_z \\ \varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E_z} - \frac{\mu_{yz}}{E_y} \cdot \sigma_y - \frac{\mu_{xz}}{E_x} \cdot \sigma_x \\ \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G_{xy}} \\ \gamma_{xy} = \frac{\tau_{yz}}{G_{yz}} \\ \gamma_{xy} = \frac{\tau_{zx}}{G_{zx}} \end{array} \right.$$

Целевую функцию шероховатости фрезерованной поверхности детали для имитационного моделирования можно записать в виде [2, 3, 4, 5]:

$$Ra = \chi_i T, \quad (4)$$

где χ_i – коэффициент связи, зависящий от класса точности станка;

T – операционный допуск на размер детали, мм.

Компоненты вибрации в механических системах описываются первым уравнением виброперемещения точки и (или) поверхности в общем случае согласно ГОСТу 24347-80:

$$S_v = S_0 \sin(\omega t + \varphi), \quad (5)$$

где S_0 – амплитуда поперечных колебаний механизма резания;

$(\omega t + \varphi)$ – фазовый угол;

ω – вынужденная частота процесса;

φ – начальный фазовый угол.

А также вторым кинематическим уравнением, полученным дифференцированием (5), описывающим изменение компоненты виброскорости:

$$V_v = \omega S_0 \cos(\omega t + \varphi). \quad (6)$$

Из классической механики известно, что функция скорости в общем случае является первой производной от перемещения S по времени:

$$V = dS / dt. \quad (7)$$

Анализ механики технологического процесса фрезерования древесины и физических явлений при стружкообразовании позволяет представить функцию (7) в следующем виде:

$$S_v = \int_{t_0}^{t_1} V_v dt, \quad (8)$$

где S_v – виброперемещение режущего инструмента;

V_v – виброскорость механизма главного движения;

t_0 и t_1 – характерное время процесса.

Параметр шероховатости Rz по ГОСТу 7016 оценивается величиной суммы максимального выступа неровности и значением наибольшей впадины от нейтральной линии [6], что эквивалентно размаху колебания или двойной амплитуде виброперемещения (рис. 1).

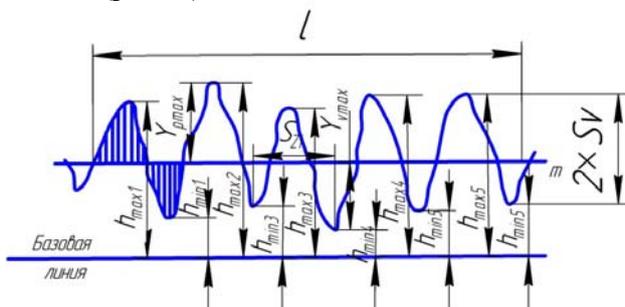


Рис. 1. Сравнение амплитуды виброперемещения и параметра шероховатости

Таким образом, можно записать, что значение параметра шероховатости равно удвоенной амплитуде виброперемещения:

$$Rz = 2S_V \quad (9)$$

Подставляя вместо S_V его значение, согласно формуле (8), получим:

$$Rz = 2 \cdot \int_{t_0}^{t_1} V_V dt. \quad (10)$$

Так, при $V_V = \text{const}$, $t_0 = 0$, а также $t_1 = 60/(nz^x)$, учитывая особенности процесса резания древесины и динамики стружкообразования при фрезеровании после преобразования уравнения (10), получаем базовое уравнение шероховатости в зависимости от пиковой виброскорости:

$$Rz = 2V_{SP}\psi k \frac{60}{nz^x}, \quad (11)$$

где V_{SP} – пиковая виброскорость механизма главного движения, мкм/с;

ψ – параметр технологических свойств, зависящий от механических характеристик обрабатываемой древесины;

k – коэффициент динамичности, зависящий от частотных характеристик упругой системы станка и режущего инструмента;

n – частота вращения шпинделя с инструментом, мин^{-1} ;

z – число зубьев в инструменте;

x – показатель степени, который характеризует качество подготовки режущего инструмента ($x = 3$ – для прецизионного инструмента; $x = 2$ – для твердосплавного инструмента; $x = 1$ – для стального инструмента).

Отличительной особенностью функции (11) является учет в ней механических и технологических свойств обрабатываемого материала с помощью нового параметра физико-механических свойств древесины, представляющего соотношение величины напряжения, возникающего в зоне резания к исходному значению напряжения до процесса резания. Характеристическое уравнение для определения параметра имеет вид:

$$f(\psi) = \sigma_{\max} / \sigma_0, \quad (12)$$

где σ_{\max} – максимальное напряжение в зоне резания, МПа;

σ_0 – начальное напряжение, МПа.

Данный параметр был определен на основе имитационного моделирования процесса резания в программной среде SolidWorks. Для определения силовых показателей процесса фрезерования использовалась разработанная авторская прикладная программа CutWood написанная на языке программирования Delphi.

В результате расчета силовых показателей фрезерования при твердотельном моделировании в среде SolidWorks использовалось полученное значение величины средней касательной силы резания F_{xcp} (силы, действующей на одном ноже).

Следует учитывать, что значения постоянных параметров упругости древесины бывают различными даже для одной породы в результате воздействия множества факторов, таких как: условия произрастания древесины; непостоянство свойства по длине стола; влажность древесины; ширина годичных слоев; процентное содержание ранней древесины; строение клеточных стенок и сердцевинных лучей; отличия в способах измерения деформаций и другие факторы.

Таким образом, следует определять эти параметры по их соотношениям, которые дают более точные результаты. Так, для породы «сосна» приведены следующие значения: соотношение модуля упругости – 1,93; коэффициент Пуассона – 1,21; модуль сдвига – 1,71 [1].

Интерес представляет соотношение напряжений при сжатии древесины породы сосны для проверки теоретического положения о значении введенного параметра технологических свойств. Отношение напряжений для сжатия составляет 1,83. График экспериментальной зависимости приведен на рисунке 2а [1]. Результаты твердотельного моделирования методом конечных элементов в среде SolidWork, представлены на рис. 2б.

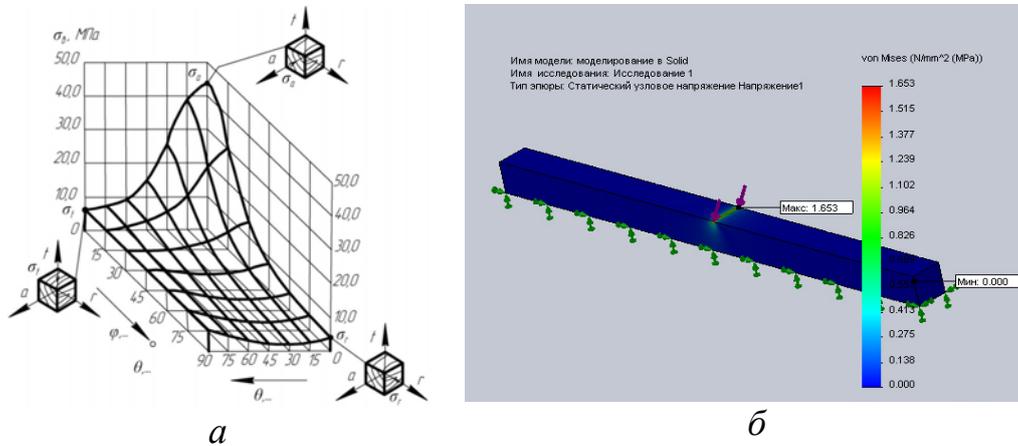


Рис. 2. Анизотропия предела прочности древесины сосны: *а* – при сжатии; *б* – твердотельное моделирование в программной среде SolidWorks

Подставляя значения полученных напряжений в уравнение (12), получаем величину параметра свойств древесного материала в диапазоне $\psi = 0,85/1,70$, что соответствует приведенным выше экспериментальным значениям.

Для подтверждения принятой гипотезы о численной связи параметра шероховатости фрезерованной поверхности древесины с компонентами вибрации станка, обработки физических явлений выполнены экспериментальные исследования.

Экспериментальная установка создана на базе универсального горизонтального консольно-фрезерного станка модели 6Т82Г-29, который соответствует требованиям норм точности и жесткости согласно ГОСТу 17734-88 (рис. 3).

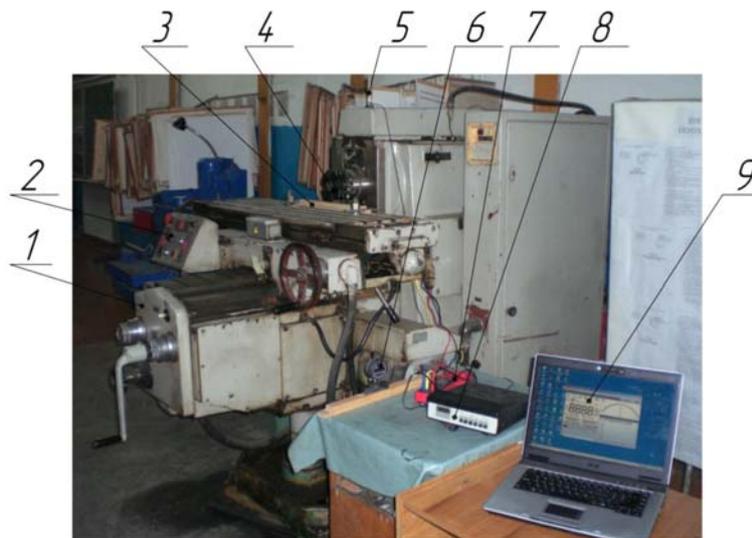


Рис. 3. Экспериментальная установка:

- 1 – стол; 2 – пульт управления; 3 – заготовка; 4 – сборная фреза;
- 5 – пьезоэлектрический датчик ДП-12; 6 – электронный индикатор М1В;
- 7 – токовые клещи УТ232; 8 – виброметр ВВМ-201; 9 – ноутбук

Для получения уравнений регрессии выбрана методика В-планов второго порядка от трех факторов В3. Обозначение факторов и уровней их варьирования представлено в таблице.

Обозначение факторов и уровней их варьирования

| Наименование фактора | Обозначение | | Интервал варьирования фактора | Уровень варьирования фактора | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|
| | натуральное | нормализованное | | нижний (-1) | основной (0) | верхний (+1) |
| Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹ | <i>n</i> | <i>x</i> ₁ | 600 | 400 | 1000 | 1600 |
| Скорость подачи, мм/мин | <i>V</i> _s | <i>x</i> ₂ | 30 | 20 | 50 | 80 |
| Глубина фрезерования, мм | <i>t</i> | <i>x</i> ₃ | 0,95 | 0,1 | 1,05 | 2,0 |

В результате обработки экспериментальных данных с использованием авторской прикладной программы расчета В-планов второго порядка *V_plans* (свидетельство о государственной регистрации № 2011616377) были получены приведенные ниже уравнения регрессии.

Уравнение регрессии для виброскорости имеет вид:

$$Vv(n, V_s, t) = 0,8079 + 0,00014n + 0,0012V_s - 0,03754t - 0,000000013n^2 - 0,0000044V_s^2 + 0,000000056nV_s - 0,00007V_st - 0,0000053nt. \quad (13)$$

Уравнение регрессии для шероховатости поверхности:

$$Rm(n, V_s, t) = 52,4 - 0,01n + 0,601V_s + 3,714t + 0,00096V_s^2 - 0,000183nV_s + 0,0184V_st - 0,00114nt. \quad (14)$$

Для нахождения зависимости параметра шероховатости *Rm* от виброскорости подставим в соответствующее уравнение регрессии массивы аргументов (режимы резания), в результате получим векторы значений функций, произведя аппроксимацию которых, получим аналитическую функциональную зависимость.

Наиболее точную аппроксимацию для зависимости шероховатости от виброскорости дает разложение по полиномам Чебышева, которое после преобразований имеет вид:

$$Rm(Vv) = -255,108Vv^2 + 624,083Vv - 291,844. \quad (15)$$

График зависимости шероховатости от виброскорости представлен на рис. 4.

Расхождение теоретических данных от экспериментальных для зависимости шероховатости от виброскорости – 7,6 %.

В результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Определен параметр, характеризующий изменение свойств древесины при напряженно деформированном состоянии в физическом процессе резания со стружкообразованием, влияющий на изменение компонент вибрации в пределах от 0,85 до 1,70 в зависимости от породы и физико-механических свойств (плотность, модуль упругости 1 и 2-го родов влажности) древесины.

2. Разработаны математические модели, позволяющие определить и исследовать шероховатость фрезерованной поверхности, виброскорость фрезерного станка в зависимости от технологических режимов обработки.

3. Получены регрессионные модели для виброскорости и шероховатости. Произведенное сравнение теоретических и экспериментальных данных показало, что расхождение между ними составляет не более 10 %, в том числе по параметрам: виброскорости – 5,3 %; шероховатости – 9,6 %.

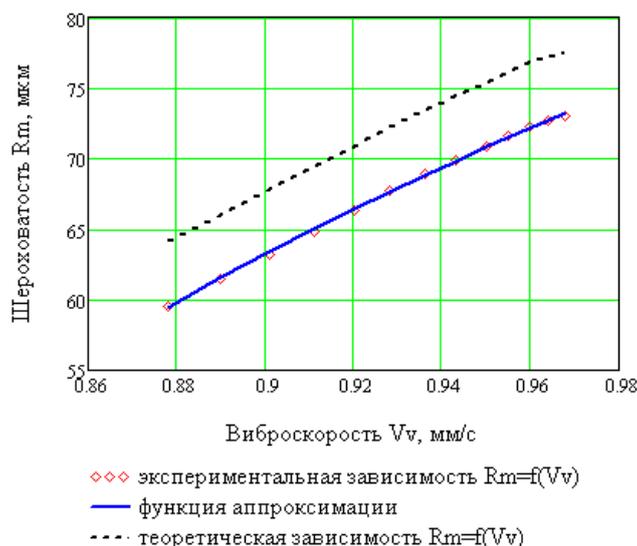


Рис. 4. Зависимость шероховатости поверхности от компонент вибрации виброскорости и виброускорения

Библиографический список

1. Ашкенази Е.К. Анизотропия конструкционных материалов: справочник / Е.К. Ашкенази, Э.В. Ганов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980. – 247 с.
2. Воробьев А.А. Улучшение качества фрезерованных деталей мебели на основе снижения вибрации технологического оборудования: автореф. на соиск. уч. степ. к.т.н.: 05.21.05 : дата защиты 11.02.11 / А.А. Воробьев. – Красноярск, 2010. – 20 с.
3. Воробьев А.А. Установление зависимости шероховатости поверхности древесины от показателей вибрации станка / А.А. Воробьев, Ю.А. Филиппов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2010. – № 2. – С. 6–7.
4. Филиппов Ю.А. Особенности технологии восстановления работоспособности ленточнопильных станков / Ю.А. Филиппов, И.Н. Спицын, А.А. Воробьев, И.С. Корчма // Справочник. Инженерный журнал. – 2010. – № 6. – С. 6–9.
5. Филиппов Ю.А. Синтез виброактивности деревообрабатывающих машин: монография / Ю.А. Филиппов. – Красноярск: КГТА, 1996. – 261 с.
6. ГОСТ 7016-82. Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности. – Взамен ГОСТ 7016-75; введ. 01.07.83. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.

С.В. Гайда

НЛТУ Украины, г. Львов, Украина
gaida@e-mail.ua

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ИЗ ВТОРИЧНО
ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДРЕВЕСИНЫ**
(THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD PARTICLE BOARDS MADE FROM POST-CONSUMER WOOD)

Установлено, что вторично используемая древесина (ВИД) является незадействованным ресурсом древесных отходов, пригодных для производства древесно-стружечных плит (ДСП). Разработана технология изготовления трехслойных ДСП с содержанием ВИД. Исследовано влияние содержания ВИД в каждом из слоев и связующего на физико-механические свойства трехслойных ДСП – прочность при статическом изгибе, растяжении перпендикулярно пласти плиты и разбухание по толщине.

It is found that post-consumer wood (PCW) is as yet non utilized resource of wood waste that is suitable for manufacturing wood particleboards (WPB). Production techniques for PCW-containing three-layer particleboards were developed. Investigated was the influence of the PCW and binder contents in each of the layers on physical and mechanical properties of three-layer particleboards: bending strength, tensile strength perpendicular to plane, and thickness swelling.

Актуальность. Суммарная площадь земель лесного фонда Украины составляла в 2011 г. 11,3 млн га, лесистость – 16,1 %. За 50 лет лесистость Украины выросла почти в 1,5 раза, а запас древесины – в 2,5 раза и достиг 2,04 млрд м³. В Украине ежегодно заготавливается около 15 млн м³. Для покрытия дефицита древесина импортируется. Общий объём использования древесины в 2011 г. составил 18,3 млн м³ (12,14 млн т): 8,05 млн м³ (44 %) составили изделия, 10,25 млн м³ – древесные отходы. Последние используются только на 60 %, а остальные: 1,54 млн м³ (15 %) не доступны; 2,56 млн м³ (25 %) не задействованы. Кроме того, в Украине ежегодно образуется более 1 млрд т твердых бытовых отходов (ТБО), в которых около 1 млн т составляют доступные древесные отходы. Только мобилизация дополнительных ресурсов – комплексное использование древесных отходов и древесины, бывшей в использовании, дало б возможность покрыть дефицит древесины в Украине, удовлетворять растущие потребности деревообрабатывающей промышленности в производстве плит и пиломатериалов (табл. 1), а также для производства энергии. Суммарный эквивалент от использования древесных отходов для производства энергии составил бы 12,1 ТВт·час/год.

Таблица 1

Динамика производства плит и пиломатериалов в Украине

| Продукция | Объёмы производства, млн м ³ | | | | | |
|---------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| ДСП | 1,329 | 1,641 | 1,622 | 1,316 | 1,471 | 1,618 |
| ДВП | 0,089 | 0,101 | 0,115 | 0,094 | 0,108 | 0,098 |
| МДФ, ХДФ | - | - | - | - | - | 0,300 |
| Фанера | 0,163 | 0,176 | 0,163 | 0,108 | 0,144 | 0,160 |
| Пиломатериалы | 1,418 | 1,749 | 1,644 | 1,283 | 1,238 | 1,329 |

Классификация ВИД. Главный критерий классификации ВИД – это степень её загрязнения. В термин «вторично используемая древесина» заложены промышленные отходы (например, бракованная продукция) и использованные (отработанные) изделия из древесины, древесных материалов и композитных материалов с содержанием древесины больше 50 % массы. В настоящее время отсутствуют нормативно-технические документы по классификации отходов, и тем более для классификации ВИД. В НЛТУ Украины разработан Классификатор ВИД и предложено для украинского законодательства четыре категории ВИД и отходы ликвидации:

- категория ВИД-I – природная и только механически обработанная древесина с незначительными загрязнениями (парафин, церезин, петролак, воск и др.);
- категория ВИД-II – древесина или древесные материалы, проклеенные, лакированные или обработанные любым другим образом, без органических галогенных соединений в патине, без пропитывающего защищающего состава для древесины;
- категория ВИД-III – древесина или древесные материалы, проклеенные, лакированные или обработанные любым другим образом, с органическими галогенными соединениями в патине, без пропитывающего защищающего состава для древесины;
- категория ВИД-IV – древесина или древесные материалы, обработанные и пропитанные защитным составом;
- отходы ликвидации – древесина или древесные материалы, которые содержат полихлорированные бифенилы ПХБ, полихлорированные терфенилы ПХТ, полибромированные бифенилы ПББ концентрацией 50 мг/кг и более, а также бенз(а)пирен.

Происхождение и расчет потенциального количества ВИД в Украине. ВИД образуется на деревообрабатывающих производствах, в секторе строительства при ликвидации и строительстве зданий, в торговле (тара, поддоны, кабельные барабаны и др.), в муниципальном хозяйстве (изделия из рекреационных зон и др.), в семьях (старая мебель, столярные изделия и др.) и др. Расчёт потенциального количества ВИД проведен из расчётного количества потребления древесины и образования ТБО, например, для 2011 г., соответственно: 13 % от количества – 18,3 млн м³ (12,14 млн т) древесины и 0,1 % – от 1,322 млрд т ТБО (табл. 2).

Таблица 2

Потенциал вторично используемой древесины в Украине

| Происхождение | 2009 | | 2010 | | 2011 | |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | млн т | % | млн т | % | млн т | % |
| Торговля (тара, поддоны) | 0,225 | 8,65 | 0,375 | 13,39 | 0,204 | 7,03 |
| Строительные отходы | 0,457 | 17,58 | 0,527 | 18,82 | 0,488 | 16,83 |
| Перерабатывающая пром-сть | 0,105 | 4,04 | 0,222 | 7,93 | 0,105 | 3,62 |
| Хозяйственная деятельность | 0,335 | 12,88 | 0,428 | 15,29 | 0,411 | 14,17 |
| Другая | 0,243 | 9,35 | 0,225 | 8,04 | 0,37 | 12,76 |
| Сумма ВИД* | 1,365 | 52,50 | 1,777 | 63,46 | 1,578 | 54,41 |
| ТБО (ВИД**) | 1,235 | 47,50 | 1,023 | 36,54 | 1,322 | 45,59 |
| Итого | 2,6 | 100,00 | 2,8 | 100,00 | 2,9 | 100,00 |
| Потребление древесины (ПД) | 10,500 | – | 13,600 | – | 12,140 | – |

* ВИД = ПД 13 %/ 100%; ** ВИД = Твёрдые бытовые отходы (ТБО) · 0,1 %/100 %

Варианты управления ВИД. Возможные варианты управления ВИД предоставлены на рис. 1. В зависимости от категории ВИД эти отходы могут быть использованы

как для переработки для производства новой продукции или аналогической продукции меньших размеров, так и для производства энергии.



Рис. 1. Выбор материального управления ВИД

В НЛТУ Украины уже более 10 лет происходят исследования по применению ВИД, те есть древесины, бывшей в употреблении, разной вековой группы, первой и второй категории для изготовления древесно-стружечных плит (ДСП) с изучением свойств.

Выбор критерия оценки. Во время выбора критериев оценки результатов изготовления плит учитывалась технологическая и экономическая составляющие. Эти требования предопределены тем, что плиты из ВИД должны отвечать требованиям к плитам марки ПА ГОСТ 10632:2009, а их себестоимость не должна превышать себестоимости плит из ствольной древесины. Таким образом, в качестве критерия оптимизации результатов изготовления плит принят предел прочности при статическом изгибе. Кроме того, критериями оценки качества плит являются другие показатели, а именно дополнительно определялись предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты, разбухание за толщиной.

Планирование исследований. Поскольку процесс изготовления и испытания ДСП из ВИД исследовали в лабораторных условиях, то использовали полнофакторный план. Переменными факторами во время проведения экспериментов были приняты: содержание древесных частиц ВИД как во внутреннем, так и во внешних слоях и связующего. Значение содержания стружки из ВИД для каждого слоя колебалось от 20 до 100 %, а остальная стружка – из стандартной технологической щепы, содержание связующего в каждом слое – согласно средних норм расходов – 7–16 %.

Результаты экспериментальных исследований. Данные, полученные в ходе проведения физико-механических испытаний, запрессованных экспериментальных ДСП с содержанием ВИД на статический изгиб, растяжение перпендикулярной пласти плиты и разбухание, были статистически обработаны. Проведенные расчеты позволили получить следующие уравнения регрессий полных факторных планов в натуральных значениях факторов соответственно для физико-механических свойств:

$$1) \sigma_{из} = 6,968 - 0,011P_{вн} - 0,013P_{внеш} + 0,777K + 0,0001P_{вн}P_{внеш} + 0,0013P_{вн}K - 0,0016P_{внеш}K;$$

$$2) \sigma_{рас} = 0,166 - 0,00128P_{вн} - 0,0015P_{внеш} + 0,0328K + 0,0000007P_{вн}P_{внеш} + 0,000072P_{вн}K - 0,000086P_{внеш}K;$$

$$3) H_{раз} = 19,27 - 0,006P_{вн} - 0,0074P_{внеш} + 0,025K + 0,000045P_{вн}P_{внеш} + 0,000073P_{вн}K - 0,00057P_{внеш}K.$$

Поскольку влияние факторов и взаимодействий на функцию отклика удобно анализировать на основе графиков, то было построено уравнение регрессии группы графиков – зависимость исходной величины от содержания ВИД как во внутреннем, так и во внешних слоях при фиксированных значениях связующего на минимальном, среднем и максимальном уровнях. Некоторые графики приведены на рис. 2, 3.

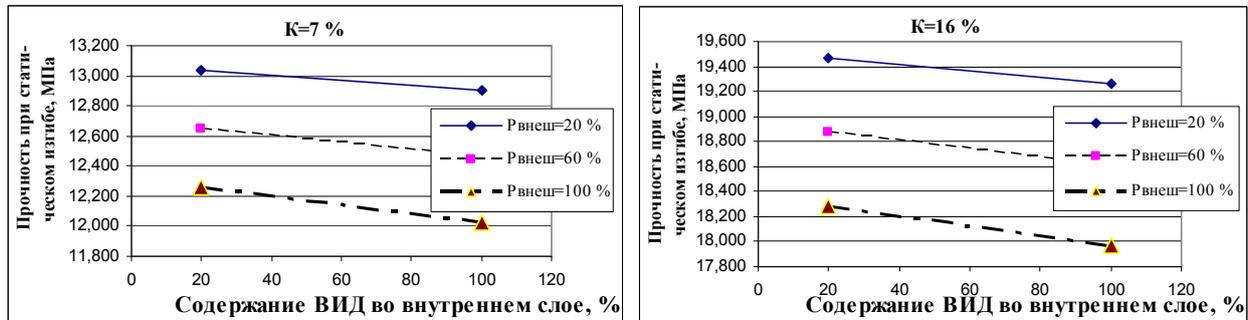


Рис. 2. Зависимость прочности плит при статическом изгибе от содержания ВИД

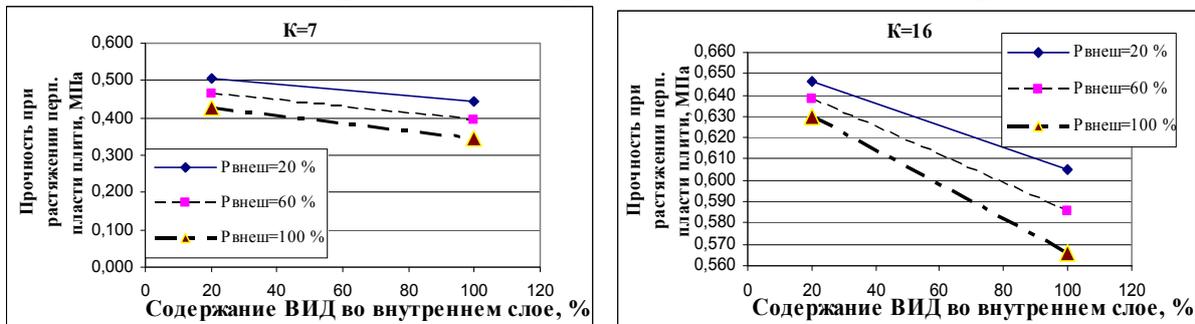


Рис. 3. Зависимость прочности плит при растяжении перпендикулярно пласти плиты от содержания ВИД

Графическая интерпретация полученных зависимостей позволила увидеть характер влияния переменных факторов на свойства полученных плит. Поскольку был реализован полнофакторный план, то все зависимости носят линейный характер. Из графиков видно, что содержание ВИД в диапазоне 20–100 % в ДСП ведет себя одинаково при разном содержании связующего. В частности, при расходе клея 11,5 % прочность при статическом изгибе падает с 16,25 до 15,0 МПа, при растяжении перпендикулярно пласти плиты – от 0,575 до 0,455 МПа, а разбухание за толщиной – с 15,90 до 15,36 %. Исследованиями установлено, что при плотности плиты 700 м³/кг и средней расходе клея 11,5 %, увеличение содержания стружки из ВИД во внешних слоях от 20 до 100 % уменьшает прочность при статическом изгибе на 6 %, а такое же увеличение во внутреннем слое приводит к уменьшению только на 1 %. При 100 % изготовлении плит из ВИД и среднем расходе клея для всех слоев 11,5 % прочность при статическом изгибе составляла 15 МПа, что на 8 % меньше, чем при наполнении древесно-стружечного ковра на 20 % стружкой из ВИД.

Аналогично при тех же условиях обнаружено, что на прочность при растяжении перпендикулярно пласти плиты существенно влияет увеличение содержания стружки ВИД (с 20 до 100 %) во внутреннем слое, больше чем во внешних. Величина прочности уменьшается на 9 %, но отвечает требованиям к плитам марки П-А за ГОСТ 10632:2009.

Кроме того, экспериментально доказано, что контрольные экспериментальные образцы из 100 % традиционного сырья при одинаковом расходе клея имели меньшие физико-механические свойства, чем плиты из 20 % наполнением из ВИД: прочность последних при статическом изгибе была больше на 15 %, прочность при растяжении перпендикулярно пласти плиты также больше на 22 %, а разбухание за толщиной было меньше на 17 %. Во-первых, рост показателей в диапазоне содержания стружки из ВИД от 0 до 20 % предопределено увеличенным содержанием (в два раза) мелкой фракции (1/0) в стружке из ВИД (см. табл. 1); во-вторых, мелкие частицы заполняют пустоты и тем самым увеличивают площадь склеивания, которое влияет на показатели прочности; в-третьих, при прибавлении ее к внешним слоям улучшается структура поверхности (шероховатость) полученных плит, а при прибавлении к внутреннему слою – неплоская стружка (скрученная, кубикообразная) частично располагается не в плоскости плиты, а под углом, который предопределяет большее сопротивление растяжению перпендикулярно плоскости плиты, поскольку на это влияют не только клеевые швы, но и волокна древесины.

Выводы и рекомендации:

1. Проанализировано, что в Украине сегодня есть проблема древесных сырьевых ресурсов. Значительную часть импортной древесины, возможно заменить на древесину, бывшую в употреблении, вторично используемую древесину (ВИД). Начерчены пути её материального использования. Просчитано, что потенциал ВИД в Украине составляет около 3 млн т/год.

2. Расчетное количество ВИД за 2011 г. в Украине составляет 2,9 млн т, что может принести для Украины 12,1 ТВт/год (6,3 % годового потребления энергии) или заменить, только при 50 % её использовании, до 20 % первичной древесины для плитной промышленности.

3. Установлено, что ВИД первой и второй категорий (30–50 % от всего объема сбора) является значительным ресурсом древесины и существенным приложением к основному сырью в производстве ДСП.

4. Разработана технология изготовления ДСП с использованием в качестве сырья ВИД. При использовании ПФП-2³ проведен многофакторный эксперимент и реализована матрица планирований согласно методике исследований.

5. Установлено, что отсортирована щепка из ВИД (массивной древесины) первой и второй категории, характеризуется содержанием кондиционной фракции (не меньше 80 %) и отвечает требованиям к треске ПС за ГОСТ 15815-83.

6. Стружка из чистой ВИД, если она получена на аналогичном оборудовании, которое используют для переработки первичного сырья, по геометрическим размерам, форме и фракционному составу существенно не отличается от стружки из традиционной древесины. Увеличено содержание мелкой фракции (1/0) в стружке из ВИД в диапазоне содержания стружки из ВИД от 0 до 20 % в плите предопределяет рост физико-механических показателей ДСП. Коэффициент анизотропии стружек дает возможность предусматривать показатели прочности плит из ВИД.

7. Исследовано влияние содержания ВИД в каждом из слоев и связующего на физико-механические свойства трехслойных ДСП – прочность при статическом изгибе, при растяжении перпендикулярно пласти плиты и разбухания за толщиной.

8. Получены адекватные математические модели зависимости физико-механических показателей ДСП от содержания ВИД и связующего в каждом из слоев. Установлено, что при плотности 700 кг/м³ плиты из ВИД (100 %) имели, в зависимости от содержания ВИД (20–100 %) и расхода клея, на 8–10 % меньшую прочность при статическом изгибе и на 12–32 % меньшую – при растяжении перпендикулярно пласти

плиты, чем с содержанием ВИД 20 %, и при этом отвечали требованиям к плитам марки П-А ГОСТ 10632:2009 «Плиты древесно-стружковые. Технические условия».

9. Исследовано, что разбухание за толщиной для ДСП из ВИД (100 %) при средней затрате клея 11,5 % имеет значения на 3–5 % меньше, чем у плит из 20 % содержанием ВИД, кроме того, при изменении количества клея от 7 до 16 % для тех же условий изготовления разбухания за толщиной уменьшается на 18 %. Причина – древесные частицы из ВИД после длительного использования (20–40 лет) теряют связанную влагу, то есть являются более пористыми, а еще предопределяется их большее количество в единице объема, который способствует повышенному уплотнению их между собой, то есть уменьшает проникновение влаги.

10. Установлено, что рациональными условиями изготовления плит стандартного качества (ГОСТ 10632:2009) отвечают: для плит марки П-А (13 МПа) содержание ВИД в плите во внутреннем и внешних слоях может составлять до 60 % при средней затрате клея 11,5 %; для плит марки П-Б (11,5 МПа) содержание ВИД во внутреннем составляет до 100 %, а у внешних слоях может составлять 80–100 % при затрате клея во внутреннем слое – 7–8 %, а у внешних слоях – 10–11 %.

11. Рассчитана эффективность от внедрения полученных результатов изготовления ДСП с использованием ВИД на предприятии ООО «Свиспан Лимитед», которая заключается в том, что благодаря привлечению ВИД уменьшаются расходы на традиционную древесину на 9,4 %.

А.Г. Гороховский, Е.В. Шадрин
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
elena_vic_9@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧИНОЧНЫХ СВОЙСТВ КАРАНДАШЕЙ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДОЩЕЧКИ (THE PENCILS FROM GLUED WOOD. THE FORECASTING OF SHARPENING PROPERTIES)

В статье описана экспериментальная методика прогнозирования чиночных свойств карандашей, изготовленных из клееной дощечки. Новая конструкция дощечки представляет собой клееный материал, который состоит из 4 листов модифицированного шпона с продольным направлением волокон. Целью модификации шпона является размягчение древесины.

The article describes a forecasting method of pencil's sharpening properties. The new construction of laminated plate is a material that consists of 4 sheets of modified veneer. The aim of modification is the softening of the wood veneer.

Введение

Хорошие чиночные свойства деревянного карандаша определяют легкость его заточки. В свою очередь, при производстве карандашей на достижение требуемых чиночных свойств оказывают влияние три основных фактора:

1. Выбор породы древесины (из отечественных пород это в основном кедр, а также ольха и липа).

2. Определенные свойства древесины (легкость, прямослойность, мягкость, прочность, малая гигроскопичность и др. [1]).

3. Наличие в технологическом процессе производства операции термической обработки древесины в жидком теплоносителе с целью ее пластифицирования.

В России основной породой для производства карандашей является легкая, мягкая и прочная древесина кедра (Сибирской сосны). В традиционной технологии производства предусмотрены операции обработки карандашных полуфабрикатов (дощечек) аммиачной водой и острым паром и пропитки горячим парафином [1]. Отработанная многими годами технология дает на выходе качественные полуфабрикаты, из которых получают карандаши с отличными чиночными свойствами.

Предлагаемая новая технология карандашных дощечек направлена на сбережение ценнейшей древесины кедра и увеличение полезного выхода карандашей из исходного сырья.

Для достижения поставленной цели нами было предложено изменить саму конструкцию дощечки – выполнить ее слоистой из листов лущеного шпона, склеенных с одинаковым продольным направлением волокон древесины [2]. В качестве древесного сырья была использована береза, как распространенная порода для производства лущеного шпона.

Учитывая требования к теплоносителю (экологичность, термическая стабильность, низкая вязкость, химическая инертность к древесине), для операции термической модификации древесины использовался органический теплоноситель – минеральное масло [2].

Для склеивания модифицированного шпона в карандашный полуфабрикат использовался нетоксичный недорогой клей на основе ПВАД, создающий прочный, прозрачный и пластичный клеевой слой.

Для прогнозирования чиночных свойств карандашей, изготовленных из клееных дощечек по новой технологии, необходимо провести испытания цельных кедровых и клееных березовых дощечек на усилие резания, проанализировать полученные результаты и выбрать оптимальный режим модификации и склеивания березового шпона.

Описание методики испытаний

Модификация шпона в масле и его склеивание в карандашные полуфабрикаты проводились на базе кафедры древесиноведения и специальной обработки древесины УГЛТУ. Все испытания по резанию дощечек осуществлялись на кафедре станков и инструментов УГЛТУ на экспериментальной установке (рис. 1). Форма образца клееной дощечки представлена на рис. 2.

Образцы дощечек строгались под углом 30° к направлению волокон. При строгании под данным углом все образцы находятся практически в одинаковых условиях: учитывается слой упрессованного модифицированного шпона, клеевой слой и наибольший угол заточки будущего карандаша, поэтому мы имеем возможность максимально проследить изучаемую закономерность.

Угловые параметры резания дощечек указаны в табл. 1.

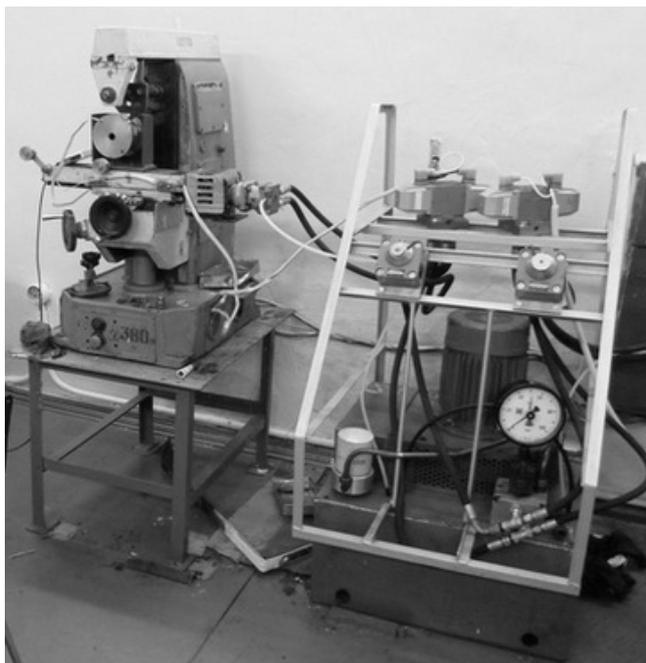


Рис. 1. Установка для элементарного резания на базе фрезерного станка НГФ-110 ШН

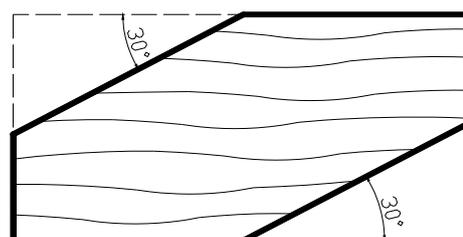


Рис. 2. Форма образца карандашной дощечки для строгания

Таблица 1

Угловые параметры резания дощечки

| Наименование параметра | Значение |
|--|-------------|
| Угол заточки резца | 40° |
| Радиус заострения резца | 5-15 микрон |
| Угол установки резца в держателе к направлению резания | 50° |
| Угол перерезания волокон | 30° |
| Задний угол | 15° |

Принцип работы установки элементарного резания следующий: образец карандашной дощечки закреплялся на измерительном тензо-стакане, на котором наклеены тензорезисторы в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

С помощью гидродвигателя суппорт перемещал измерительный стакан и образец дощечки относительно неподвижно закрепленного резца, который резал данный образец и снимал элементарную стружку. Тензоизмерительный стакан передавал электрический сигнал, пропорциональный воспринимаемым деформациям, через усилитель и устройство оцифровывания сигнала в нэтбук. Далее в программной среде Labview отображались силы резания.

Толщина стружки (0,4 мм) устанавливалась путем вертикального перемещения суппорта и вращения лимба с ценой деления 0,025 мм. Скорость резания дощечки составляла 0,7–0,8 м/мин.

Виртуальный стенд отображал в реальном времени входные сигналы в диапазоне от 0 до +5 В, отфильтрованные сигналы – в диапазоне от 0 до +5 В. Отфильтрованные сигналы переводились в единицы измерения мН. Все сигналы записывались на жесткий диск нэтбука в файл измерений (рис. 3).

Испытания проводились в следующей последовательности:

- подготовленная дощечка размерами 100×30×Т мм закреплялась неподвижно на тензометрическом датчике по отношению к режущему инструменту;
- проводилось тарирование динамометра для определения масштаба сил;
- производилось несколько предварительных резов для спрямления кромки дощечки;
- индикатором регулировалась толщина снимаемой стружки;
- производилось три реза одной дощечки;
- количество дощечек, соответствующих определенному режиму модификации шпона и его склеивания, составляло 5.

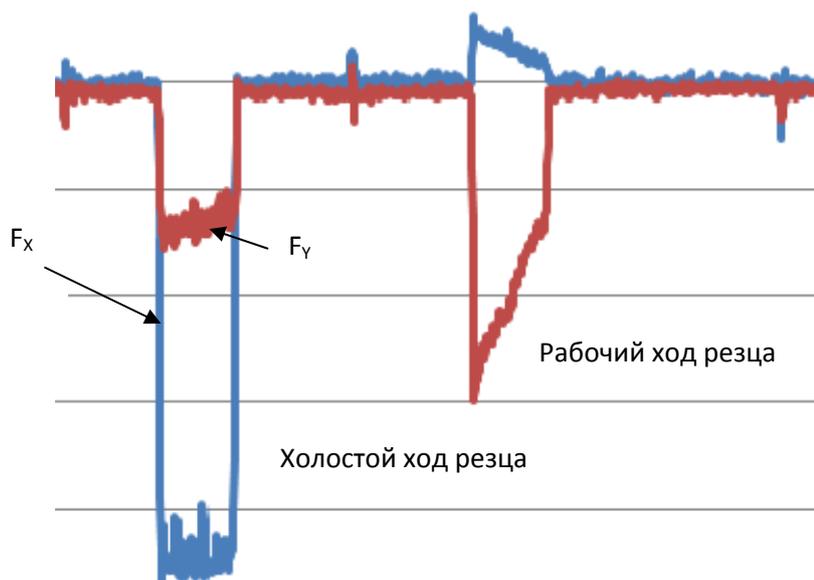


Рис. 3. Составляющие силы резания:

F_x (мН) – горизонтальная сила резания, F_y (мН) – вертикальная сила резания

Удельное усилие резания карандашной дощечки рассчитывалось по формуле [3]:

$$F_{уд} = \frac{F_x^{p.x} - F_x^{x.x}}{a/v}, \quad (1)$$

где $(F_x^{p.x} - F_x^{x.x})$ – разность 100 средних значений горизонтальной составляющей силы резания на рабочем и холостом ходах,

a, v – соответственно толщина и ширина срезаемого слоя, мм².

Результаты испытаний по определению значений удельного усилия резания ($F_{уд}$, Н/мм²) образцов карандашных дощечек представлены на рис. 4.

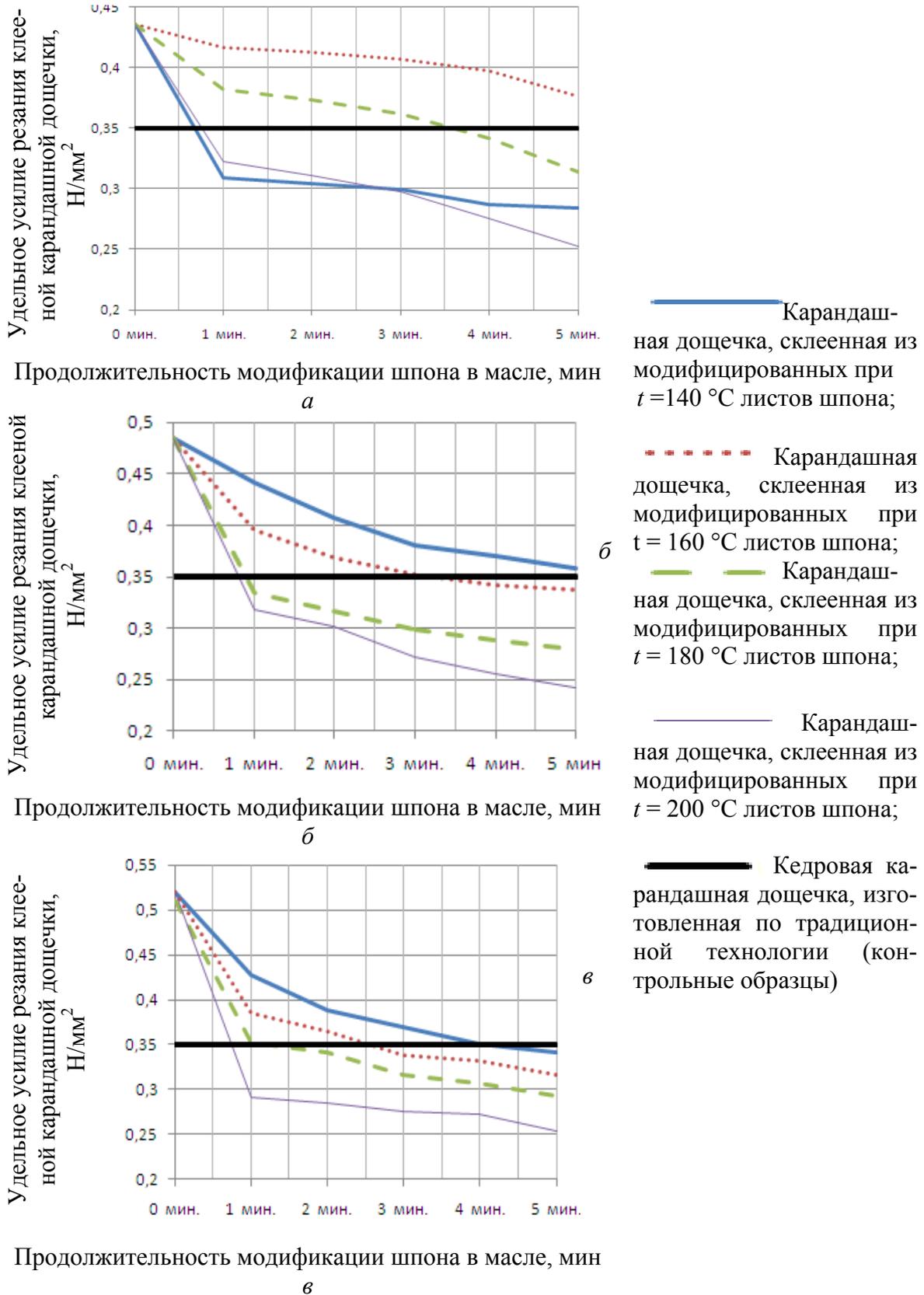


Рис. 4. Зависимость значений удельного усилия резания клееных дощечек от продолжительности модификации шпона при давлении прессования: $a - 0,6\text{ МПа}$; $б - 0,8\text{ МПа}$; $в - 1\text{ МПа}$

Выводы:

1. Результаты испытаний подтверждают возможность получения клееных дощечек из модифицированного шпона березы, из которых можно изготовить карандаши с чиночными свойствами на уровне или выше контрольных (кедровых). Это обусловлено следующими факторами:

- размягченным состоянием шпона после модификации,
- конструкцией пакета шпона с одинаковым продольным направлением волокон древесины,
- холодным способом склеивания дощечки с минимальными показателями упрессовки.

2. Приведенная методика позволяет достаточно точно прогнозировать чиночные свойства карандашей, изготовленных из клееных слоистых дощечек, упрощает снятие показаний резания, их перенос в другие программы для обработки.

3. Режимные параметры модификации шпона и склеивания дощечки для обеспечения будущих карандашей хорошими чиночными свойствами:

- температура масла для модификации шпона – 160–200 °С;
- продолжительность обработки шпона в масле – 1–3 мин;
- давление прессования при склеивании дощечки – 0,6–0,8 МПа.

Библиографический список

1. Бобрикова Т.И. Производство карандашей / Т.И. Бобрикова, Д.П. Ершов. Томск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1975. – 217 с.

2. Патент на полезную модель 2010129862 Российская федерация, МПК В43 К19/16, В27D1/00. Карандашная дощечка / А.В. Дружинин, Е.В. Шадрина; заявитель и патентообладатель Уральский гос. лесотехн. ун-т. № 100757; заявл. 16.07.2010; опубл. 27.12.10. Бюл. № 36. – 1 с.

3. Глебов И.Т. Резание древесины / И.Т. Глебов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. – 151 с.

*А.А. Добрачев, М.Л. Волкова
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
maruska-volk@mail.ru*

**ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА –
МАТЕРИАЛ БУДУЩЕГО?
(THERMOMODIFIED WOOD – MATERIAL OF THE FUTURE?)**

Материал под общим названием «термомодифицированная древесина», является одним из новых направлений в технологии переработки березовой древесины. Технологический процесс термообработки древесины основан на применении только водяного пара и высокой температуры от 180 до 240 °С (в зависимости от технологии и породы) без какого-либо добавления химических реактивов. При таком температурном режиме обработки в древесном материале происходят молекулярные изменения, при которых древесина становится совершенно новым материалом по сравнению с тем, чем она была до обработки.

Material under the General name «thermomodified wood», is one of the new directions in technologies of processing of birch wood. The technological process of thermal treatment of wood based on the application only water steam and high temperature of 180 to 240 °C (depending on the technology and breed) without any addition of chemical reagents. With such a temperature mode of processing in the wood of the material of the molecular changes occur, in which the wood becomes an absolutely new material compared to what it was prior to processing.

Лесопромышленному комплексу Уральского региона необходима инфраструктурная перестройка, направленная на адаптацию предприятий к условиям проведения лесозаготовок и переработки древесины в условиях сильной изреженности лесфонда интенсивными рубками прежних лет, а также преобладанием древесины лиственных пород, преимущественно березы. В связи с этим требуются новые технологии и техника для мобильных комплексных мастерских участков и бригад, а также поиск востребованной на рынке продукции переработки лиственных материалов.

Появляющаяся в периодической литературе и рекламе информация о новых материалах на основе лиственной древесины немногочисленна.

Береза в виде материала в столярном и мебельном производстве далеко не редкость, но объемы ее потребления здесь весьма ограничены. В то же время в Северной Америке, Европе и Китае на протяжении многих лет береза успешно используется как альтернатива древесине ценных пород: дубу, буку, ясеню, клену и другим породам. Важно, чтобы береза имела потребительские свойства, которые позволяли бы ее использовать в больших объемах, например в строительстве. Уже сейчас делаются попытки использовать березовые детали в панельном и каркасном домостроении, так как ее основной недостаток – плохая гвоздимось – не имеет здесь существенного значения: сегодня конструкции скрепляются металлическими саморезами и клеями, которые хорошо согласуются с березовой древесиной.

Создание материалов под общим названием «термомодифицированная древесина» является также одним из новых направлений в технологии переработки березовой древесины. Термомодифицированная древесина (далее – ТМД) – это достаточно новый натуральный материал, создаваемый посредством специальной термической обработки древесины лиственных и хвойных пород.

Процесс создания ТМД в основном состоит из трёх-пяти основных этапов. Сначала сырьё нагревают горячим паром, который подаётся в камеру с размещёнными в ней пиломатериалами, затем осуществляется сушка обработанных паром заготовок, удаление смолы и влаги. На последнем этапе термически обработанной древесине придают определенные фактурные качества – изменяется цвет дерева (от светлых до тёмных оттенков). Технологический процесс термообработки древесины основан на применении только водяной пара и высокой температуры от 180 до 240 °С (в зависимости от технологии и породы) без какого-либо добавления химических реактивов. При таком температурном режиме обработки в древесном материале происходят молекулярные изменения, при которых древесина становится совершенно новым материалом по сравнению с тем, чем она была до обработки.

Оборудование и технологии термомодификации древесины могут быть различными, но их общей характеристикой является то, что они осуществляются в закрытых системах при ограниченном содержании кислорода с целью снижения риска воспламенения древесины при температурах более 200 °С.

Разработчиками и производителями оборудования по технологии Thermowood являются финские компании Lunawood Oy, Stellac Oy, Tekmaheat Oy, Valutec Oy, авст-

рийская фирма Mühlböck-Holztrocknungsanlagen, итальянская фирма Baschild. Созданы модификации этой технологии (ООО «Вест-Вуд Рус», Россия; фирма Superior Thermowood, Канада). Особенностью технологии является то, что термомодификация древесины осуществляется в защитной атмосфере водяного пара при температурах 185–212 °С. При этом содержание кислорода в среде уменьшается до 3,5 %. Основные мощности по производству ТМД в РФ представлены именно таким оборудованием.

Термомодификация древесины протекает в пять отдельных этапов процесса: двух-трехфазный разогрев древесины в паровоздушной атмосфере при избыточном давлении; термогидролиз древесины в паровоздушной атмосфере при небольшом избыточном давлении; охлаждение древесины в паровоздушной атмосфере при нормальном давлении до температуры 100 °С; кондиционирование древесины для доведения влажности древесины до заданных значений от 4 до 6 %; охлаждение древесины до температуры 30–40 °С. При обработке предварительно высушенной древесины общая продолжительность процесса составляет около 2-х суток. Возможна и обработка влажного материала, однако в этом случае длительность процесса термомодификации будет большей с учетом срока собственно сушки древесины.

Особенностью технологии Bois Perdure является проведение последовательных операций высокотемпературной сушки древесины естественной влажности, термомодификации и охлаждения древесины в камере, в атмосфере водяных паров и газов, выделяющихся из древесины. Все процессы протекают в замкнутом цикле, стадии процесса такие же, как и у технология Thermowood. Избыток паровоздушных выбросов, образующихся при сушке и термомодификации древесины, утилизируется путем сжигания в газовой горелке.

Технология PLATO представлена фирмой Plato International BV, Нидерланды. Ее особенностью является проведение термомодификации путем циклического термогидролиза древесины при температурах 150–180 °С при давлении до 1,6 МПа, т.е. методом многоступенчатой обработки «влажность–тепло–давление».

В технологии Retification роль защитной среды выполняет инертный газ азот, а сама термомодификация ведется при температуре 200–260 °С в восемь последовательных стадий.

Термомодификация древесины в горячем масле разработана германской фирмой Menz Holz GmbH & Co. KG. При этом в качестве защитной среды и агента термомодификации используются высокотемпературные органические теплоносители (ВОТ), различные растительные масла (льняное, подсолнечное, рапсовое, талловое и др.), а также отходы их производства. Высушенная древесина погружается в горячее растительное масло в ванне или в камере автоклавного типа и постепенно нагревается до температуры 180–220 °С. Длительность этого этапа обработки составляет до 4 ч. В процессе обработки дополнительно происходит поглощение масла поверхностным слоем древесины.

Таким образом, практически при всех технологиях необходимо время для так называемого «созревания» ТМД, которое составляет от 7 до 21 суток, когда стабилизируются химический состав ТМД и равномерное окрашивание древесины по всему сечению. Приведенная себестоимость термомодификации древесины в расчете на 1 м³ составляет от 60 до 200 евро, а продолжительность собственно технологического цикла при этом колеблется от 36 до 180 ч.

По данным публикаций, ТМД обладает высокой устойчивостью к воздействию отрицательных факторов внешней среды – влаги и температуре, старению при воздействии солнечной радиации. ТМД – экологически чистый материал, так как в технологии ее переработки полностью отсутствует какая-либо химическая обработка. Более того, после термообработки в ТМД разрушается среда для появления и развития микро-

зов – основных вредителей березовой древесины. Основные преимущества термомодифицированной берёзы – стабильность геометрических размеров в течение длительного периода эксплуатации, биологическая стойкость, износостойкость, слабая восприимчивость к проницаемости воды, высокие противопожарные и теплоизолирующие свойства.

К сожалению, достаточного научного и практического подтверждения этим, чаще всего рекламным, материалам нет. Нами не обнаружены достоверные, с доказательной экспериментальной базой, сведения об основных физико-механических свойствах, стойкости к загниванию, термоэнергетических и прочих показателях ТМД. Более того, некоторые источники характеризуют ТМД как материал с высокой термостойкостью, другие предсказывают высокие показатели его теплотворной способности – на уровне самых высокосортных углей. В частности, известен факел – костер из термомодифицированного отрезка ствола с продольными радиальными пропилами, дающий устойчивое высокотемпературное горение.

Пока установлено, что ТМД довольно сложна в фрезерной обработке, но ее глубинная окраска после термомодификации привлекательна в отделочных работах. Если все указанные достоинства ТМД найдут свое научно обоснованное подтверждение, она станет одним из востребованных в строительстве и отделке материалов. В этом случае ее производство в условиях лесопромышленных предприятий найдет свою нишу в переработке лиственной древесины.

*А.В. Запрудина, Ю.И. Ветошкин
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
25zav@mail.ru*

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНОГО ПОКРЫТИЯ НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ СМОЛИСТОЙ ДРЕВЕСИНЫ (AS A FORM OF PROTECTIVE-DECORATIVE COATINGS ON THE PRODUCTS OF RESINOUS WOOD)

Поверхность древесины нуждается в индивидуальной обработке. Чтобы сохранить ее от воздействия разрушающих факторов, необходимо нанести защитно-декоративное покрытие (ЗДП). Для формирования ЗДП применяются новые изолирующие грунты, которые улучшают качество обработанной поверхности.

The surface of the timber needs of the individual processing. To save her from the impact of the destructive factors, it is necessary to apply a protective-decorative coating (PDC). For the formation of PDC apply new insulating soils, which improve the quality of the processed surface.

Древесина очень красивый природный материал. Но для сохранения необычной фактуры ее нужно обрабатывать: лакировать, окрашивать, грунтовать. Это необходимо, чтобы древесина не старела слишком быстро, не разрушалась. Кроме того, иногда возникает необходимость придать этому материалу более благородный оттенок или даже совершенно другой цвет.

Для изготовления мебели чаще используют древесину хвойных пород. Она отличается простым строением по сравнению с лиственными породами древесины. Особенностью некоторых хвойных древесных пород является присутствие в древесине смоляных ходов: вертикальных и горизонтальных (рис. 1, а). Смоляные ходы образуют единую смолоносную систему (рис. 1, б) и составляют 0,1–0,7 % от общего объема дерева. При перерезании этих ходов смола выступает наружу [1].

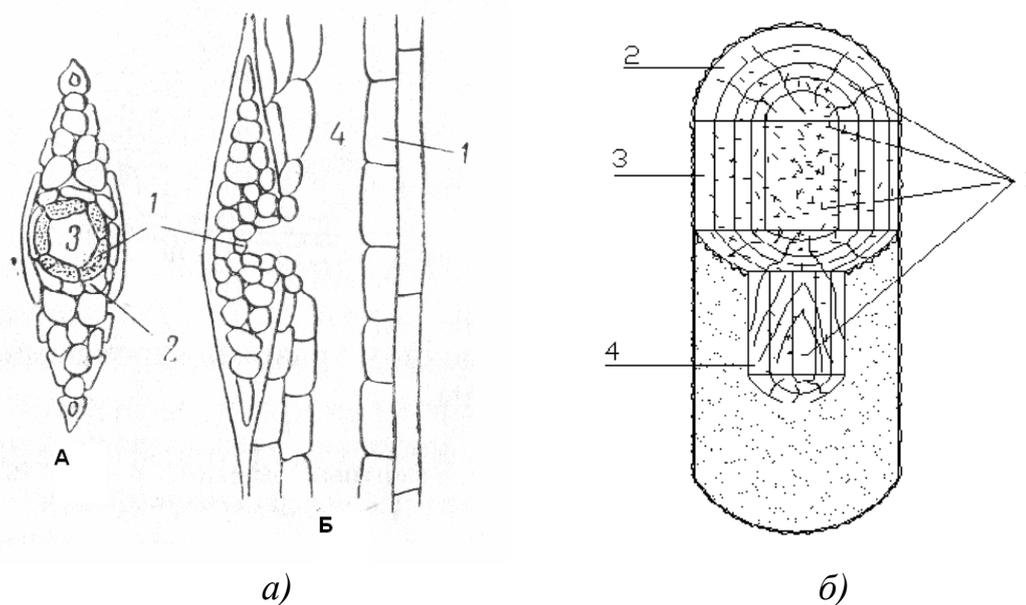


Рис. 1. Смоляные ходы

а) А – горизонтальный смоляной ход; Б – соединение вертикального и горизонтального смоляных ходов на тангентальном разрезе древесины; 1 – выстилающие клетки; 2 – мертвые клетки; 3 – канал горизонтального хода; 4 – канал вертикального хода;

б) 1 – смолоносная система; 2 – торцевой разрез ствола; 3 – радиальный разрез ствола; 4 – тангенциальный разрез ствола

Смолистость древесины неблагоприятно влияет на процесс отделки изделий лакокрасочными материалами, поэтому перед нанесением защитно-декоративного покрытия (ЗДП) древесину тщательно обрабатывают. Если смолу смыть с поверхности органическими растворителями, то она под действием высоких температур вновь выступит на поверхность, так как при нагревании смола плавится, превращаясь в пластичную массу [2].

При создании ЗДП нужно учитывать много факторов и тонкостей. Смола должна быть изолирована внутри древесины. Лак должен давать пленку прозрачную, гладкую на ощупь, светоустойчивую, теплоустойчивую, с равномерным глянцем. Считается, что чем пленка тоньше, тем она плотнее и тем лучше блестит. В толстой пленке под влиянием ее усадки образуются незаметные трещинки, поверхность такой пленки получается недостаточно гладкой.

Для создания ЗДП раньше поверхность смолистой древесины обессмоливали, отбеливали, шлифовали и покрывали несколькими слоями лака. Это приводило к тому, что смола выступала на поверхность, разрушала ЗДП, образуя пузыри, пятна и другие дефекты. В настоящее время все чаще стали использоваться вместо обессмоливающих средств изолирующие грунты. Грунт изолирует смолу внутри древесины,

препятствует ее появлению на поверхности. Благодаря грунтованию уменьшились расход лака и количество дефектов [3].

Проведенный эксперимент с применением различных составов и оценки экспертов показали, что ЗДП с использованием изолирующих грунтов (барьерный грунт FI M 194, оксалакка) качественнее, прочнее по сравнению с обессмоливающим средством (ацетон).

Оценка качества показала, что при обессмоливании ацетоном пленка хуже, чем после грунтования, так как на поверхность некоторых участков выступила смола. Это приводит к неравномерному впитыванию в раннюю и позднюю древесину, потускнению поверхности. Образцы, обработанные изолирующими грунтами по показателям, имеют значительное преимущество в качестве, но они неодинаково показали себя при формировании защитно-декоративного покрытия. Самую высокую качественную характеристику покрытия и прочность пленки показали барьерный грунт FI M 194 с тремя видами лака, на втором месте оксалакка (рис. 2).



Рис. 2. Оценка качества защитно декоративного покрытия

Библиографический список

1. Перельгин Л.М. Древесиноведение / Л.М. Перельгин, Б.Н. Уголев. – Изд. 4-е, испр. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 288 с.
2. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учеб. [для лесотехнических вузов] / Б.Н. Уголев. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: МГУЛ, 2002. – 340 с.
3. Куксов В.А. Столярное дело / В.А. Куксов. – М.: ПРОФТЕХИЗДАТ, 1960. – 523 с.

Л.В. Игнатович, С.С. Утгоф
БГТУ, Минск, Беларусь
Utgof.Svetlana@yandex.by

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
МНОГОСЛОЙНЫХ ПАРКЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ
(THE ALTERNATIVE TECHNOLOGY OF MULTILAYER
PARQUET FLOORING)**

В статье показан способ замещения твердолиственных пород древесины в паркетном производстве. Твердолиственные породы заменяются мягколиственными с целью ресурсосбережения. Метод заключается в улучшении физико-механических свойств древесины мягколиственных пород прессованием.

In the article is given the method of hard wood substitution in parquet production. Hard woods substitute for soft woods. The aim of substitution is the resource-saving. The method is to improve the physical and mechanical properties of softwood by pressing.

Достоинства древесины общеизвестны. Это, наверное, единственный материал, возобновляемый естественным путем в течение жизни одного поколения. Древесина является одним из наиболее важных традиционных материалов, широко используемых для напольного покрытия.

Паркетные покрытия на основе древесины и древесных материалов используются как в отечественной, так и в зарубежной практике. Они обладают рядом достоинств по сравнению с синтетическими напольными покрытиями. Существенным препятствием для широкого распространения паркетных покрытий является его стоимость. Дороговизна паркетных покрытий обусловлена применением древесины твердолиственных пород. Благодаря своей твердости, прочности и высокой износостойкости древесина дуба и ясеня являются традиционным материалом в паркетном производстве. В настоящее время твердолиственные породы составляют 5,1 % основных лесообразующих пород в лесопокрытой площади Республики Беларусь [1].

На сегодняшний день актуальной задачей деревообрабатывающей промышленности Республики Беларусь является ресурсосбережение. Основным способом решения поставленной задачи является вовлечение в производство мягколиственных пород древесины, запасы которой составляют около 35 %. Приоритетной задачей является снижение расхода древесины твердолиственных пород путем замещения их мягколиственными, в частности в производстве паркетных покрытий, для чего желательно улучшение физико-механических свойств древесины мягколиственных пород. Одним из способов улучшения данных характеристик является модифицирование.

Модифицирование древесины – целенаправленное изменение свойств древесины. Прессование – один из видов модифицирования древесины. Так называемое термомеханическое модифицирование является экологически перспективным способом улучшения прочностных характеристик древесины: в процессе прессования не выделяются вредные вещества.

Прессованную древесину целесообразно получать, используя мягкие лиственные породы, а в ряде случаев хвойные и даже твердолиственные породы.

Плотность прессованной древесины может быть от 800 до 1350 кг/м³, в зависимости от начальной плотности и анатомического строения прессуемой древесины. Прессованная древесина имеет в несколько раз большую прочность, твердость и удар-

ную вязкость, чем натуральная древесина. Её можно применять для изготовления опорных катков, шестерен, паркета и других целей [2].

Преобладающими мягколиственными породами в лесах Беларуси являются береза (22,6 %) и ольха Черная (8,6 %) [1]. Необходимо определить, какая из данных пород подходит для прессования лучше всего, для этого сравним древесину березы и ольхи по 5 показателям [3, 4], определяющим их применение в паркетном производстве (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика древесины березы и ольхи

| Показатель | Береза | Ольха |
|--|---|---|
| Склонность к короблению | Из-за невысокого значения влагопроводности пиломатериалы, полученные из березы, склонны к короблению. Береза относится к сильноусыхающим породам. Эти факторы обуславливают высокий процент отходов при получении прямолинейных заготовок. Средневзвешенный полезный выход составляет 42 %. Коэффициенты разбухания (усушки) составляют: <ul style="list-style-type: none"> • в радиальном направлении – 0,26–0,28; • в тангенциальном направлении – 0,31–0,34; • объемный – 0,54–0,64 | Однородное строение древесины и длинные волокна делают ольху менее склонной к короблению и растрескиванию в процессе сушки. Ольха относится к малоусыхающим породам. Средневзвешенный полезный выход прямолинейных заготовок составляет 63 %. Усредненные значения коэффициента разбухания (усушки): <ul style="list-style-type: none"> • радиальный – 0,14; • тангенциальный – 0,28; • объемный – 0,40 |
| Плотность | Средняя плотность при 12 % влажности — 640 кг/м ³ , абсолютно сухой – 620 кг/м ³ , базисная плотность — 520 кг/м ³ | Средняя плотность при влажности 12 % – 525 кг/м ³ , абсолютно сухой – 495 кг/м ³ , базисная плотность – 430 кг/м ³ |
| Предел прочности | <ul style="list-style-type: none"> • при статическом изгибе – 109,5 МПа; • при растяжении вдоль волокон – 136,5 МПа; • при сжатии вдоль волокон – 54 МПа | <ul style="list-style-type: none"> • при статическом изгибе – 79 МПа; • при растяжении вдоль волокон – 97 МПа; • при сжатии вдоль волокон – 45 МПа |
| Технологические и эксплуатационные свойства | Твердость: <ul style="list-style-type: none"> • торцевая – 46,3 Н/мм²; • радиальная – 35,9 Н/мм²; • тангенциальная – 32,1 Н/мм². Износостойкость (истираемость) древесины березы можно оценить как высокую. Она не уступает по этому показателю дубу | Твердость: <ul style="list-style-type: none"> • торцевая – 39,2 Н/мм²; • радиальная – 26,5 Н/мм²; • тангенциальная – 28,2 Н/мм². Износостойкость (истираемость): <ul style="list-style-type: none"> • поперечный разрез – 0,16 мм; • радиальный – 0,24 мм; • тангенциальный – 0,26 мм. Износостойкость ольхи сравнима с показателем древесины березы |

| Показатель | Береза | Ольха |
|-----------------|---|--|
| Текстура | Древесина белая с желтоватым или красноватым оттенком. Годичные слои заметны плохо. Сердцевинные лучи очень узкие и видны лишь в строго радиальных разрезах (расколах). Текстура у большинства видов и форм невыразительна. Сердцевинные повторения ухудшают качество продукции, поэтому прожилки рассматриваются как порок древесины | Древесина ольхи имеет однородное строение, годичные слои и сердцевинные лучи слабо заметны на необработанной древесине, но после ее обработки и отделки прозрачными лаками они проявляются более явно, создавая достаточно интересный рисунок, особенно на тангентальном разрезе. После сушки и выдержки древесины ольхи приобретает устойчивый, красивый светло-шоколадный цвет |

Из данных таблицы видно, что ольха относится к малоусыхающим породам менее склонным к короблению и растрескиванию, чем береза; полезный выход заготовок из древесины ольхи на 21 % выше, чем из древесины березы; береза более плотная, прочная и твердая порода, чем ольха; древесина ольхи обладает красивой текстурой и цветом.

Проанализировав характеристики древесины березы и ольхи можно сделать следующие выводы: древесина ольхи предпочтительнее для применения в паркетном производстве (высокий полезный выход заготовок и красивая текстура), чем древесина березы, плотность, прочность, технические и эксплуатационные показатели древесины ольхи целесообразно улучшать методом прессования.

Для проведения испытаний по прессованию древесины и определению ее свойств приняты древесину ольхи, плотностью $\rho = 490\text{--}510 \text{ кг/м}^3$. Испытывались образцы размером $100 \times 100 \text{ мм}$ и толщиной 14 мм . Влажность образцов была 8 %. Одноосное прессование древесины поперек волокон осуществлялось в гидравлическом прессе типа ПСУ-50 усилием 500000 Н .

Переменные факторы принимались следующих значений: температура плит прессы составит $70\text{--}130 \text{ }^\circ\text{C}$, давление прессования равно $9,8\text{--}14,7 \text{ МПа}$, продолжительность прессования – $1\text{--}3 \text{ мин}$. Контролировались следующие выходные параметры: степень прессования, твердость, показатель истирания, шероховатость поверхности. Для сравнения приведены аналогичные значения неуплотненной древесины дуба плотностью $\rho = 715 \text{ кг/м}^3$, породы, которая чаще других применяется в паркетном производстве.

В таблице 2 приведены данные контрольных образцов – неуплотненной древесины ольхи и дуба.

Таблица 2

Характеристики неуплотненной древесины (контрольные образцы)

| Порода | Характеристики натуральной древесины | | |
|--------|--------------------------------------|--------------|----------------------------|
| | Твердость, Н/мм^2 | Истирание, % | Шероховатость, R_z , мкм |
| Ольха | 96,11 | 0,218 | 14,80 |
| Дуб | 212,25 | 0,118 | 11,70 |

Режимы прессования и характеристики прессованной древесины начальной толщиной 14 мм приведены в таблице 3.

Таблица 3

Режимы прессования и характеристики прессованной древесины

| № опыта | Режим прессования | | | Характеристики прессованной древесины | | | |
|---------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------------------|
| | Давление прессования, МПа | Температура плит пресса, °С | Время прессования, мин | Степень прессования, % | Твердость, Н/мм ² | Истирание, % | Шероховатость, R _z , мкм |
| 1 | 9,8 | 70 | 1 | 30 | 162 | 0,218 | 10,8 |
| 2 | 9,8 | 70 | 3 | 40 | 220 | 0,144 | 10,5 |
| 3 | 9,8 | 110 | 1 | 34 | 181 | 0,119 | 6,6 |
| 4 | 9,8 | 110 | 3 | 44 | 229 | 0,152 | 10,3 |
| 5 | 14,7 | 70 | 1 | 40 | 229 | 0,189 | 6,0 |
| 6 | 14,7 | 70 | 3 | 47 | 245 | 0,190 | 10,9 |
| 7 | 14,7 | 110 | 1 | 46 | 215 | 0,178 | 8,1 |
| 8 | 14,7 | 110 | 3 | 53 | 266 | 0,152 | 5,4 |

Основными факторами, влияющими на качество прессованной древесины, являются давление прессования, температура плит пресса, время прессования. Немаловажное влияние при прессовании оказывает плотность древесины. Факторами, влияющими на плотность древесины, являются: анатомическое строение древесины; содержание поздней древесины; возраст дерева; положение дерева в насаждении; густота и полнота насаждения; условия местопроизрастания и географического положения; влажность; экстрактивные вещества [5].

Являясь результатом воздействия экологических и наследственных факторов, плотность древесины сама оказывает значительное влияние на физико-механические и технологические свойства древесины.

При прессовании предварительно пропаренной или нагретой древесины, обычно в плоскости поперек волокон, происходит изменение макроструктуры древесины, увеличение плотности и улучшение показателей, связанных с ней свойств.

Известно, что у различных пород древесины различная плотность, это обусловлено строением древесины. В то же время встречаются случаи, когда плотность может значительно отличаться в пределах одной породы. В основном это зависит от места произрастания древесины и наличия пороков.

Проводились испытания образцов из древесины ольхи плотностью $\rho = 613\text{--}848 \text{ кг/м}^3$. Известно, что ольха произрастала в болотистой местности, а образцы были взяты из части ствола с таким пороком, как тягловая древесина, чем объясняется высокая неравномерная плотность древесины. Испытания проводились по тем же режимам, что и древесина ольхи плотностью $\rho = 490\text{--}510 \text{ кг/м}^3$, однако степень прессования составила $\varepsilon = 7\text{--}33 \%$, что меньше, чем при прессовании древесины ольхи нормальной плотности. Упрессовка древесины происходила неравномерно (все образцы после прессования имели разную толщину), т.к. каждый образец имел различную плотность. Следовательно, при выборе древесины для прессования надо особое внимание уделять равномерности плотности древесины, т.к. от этого зависит качество прессованной древесины.

Результаты исследования прессованной древесины ольхи начальной плотностью $\rho = 490\text{--}510 \text{ кг/м}^3$ показывают, что прессование является эффективным способом улучшения физико-механических характеристик мягколиственных пород. Твердость прессованной древесины превосходит плотность натуральной древесины ольхи в 1,7–2,8 раза, а износостойкость на 13–45 %. Значение твердости прессованной ольхи достигает значения твердости древесины натурального дуба. Качество поверхности древесины после прессования позволяет осуществлять отделку без предварительного шлифования. Геометрические размеры прессованной древесины остаются неизменными во времени. Влагопоглощение прессованной древесины уменьшается пропорционально степени прессования на 9–31 % по сравнению с натуральной древесиной.

Прессованная древесина ольхи может применяться в паркетном производстве, т.к. по физико-механическим и эстетическим характеристикам она удовлетворяет требованиям, предъявляемым к паркетным покрытиям. Прессованную древесину ольхи целесообразно применять в качестве лицевого слоя многослойных паркетных покрытий.

Библиографический список

1. Сведения о лесном фонде Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь / Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. – Минск: Лесоустроительное республиканское унитарное предприятие «Белгослес», 2011. – 27 с.
2. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. – М.: МГЛУ, 2001. – 340 с.
3. Береза. Birch. Род *Betula* // Дерево. RU. – 2002. – № 3. – С. 22–30.
4. Ольха. Alder. Род *Alnus* // Дерево. RU. – 2004. – № 4. – С. 20–25.
5. Полубояринов О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 160 с.

М.А. Карапетян, Л.Т. Раевская
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ КОМЛЕВОЙ ЧАСТИ СТВОЛА (INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE UTILIZATION THE BASE OF THE TRUNK)

Предложена возможность использования обычно сжигаемой комлевой части хлыста после удаления центральной ее части. В данной работе были исследованы появление дефектов образцов с внутренним центральным отверстием в процессе сушки. Результаты сопоставлены с образцами без отверстий.

The opportunity to use usually burnt the base part of the whip after the removal of its central part. In this work, are investigated the occurrence of the defects of the samples with the internal central hole in the process of drying. Results are compared with the samples without holes.

К основным тенденциям инновационного пути развития промышленного комплекса относятся производство высокотехнологичных продуктов механической и лесохимической переработки древесного сырья, производство новых видов строительных

материалов. С помощью современных технологий можно обеспечить воплощение самых смелых архитектурных решений. Много внимания уделяется в последнее время на развитие деревянного домостроения, построек садовых домов, беседок, детских площадок и т.д.

К недостаткам, ограничивающим применение деревянных конструкций, относятся: опасность загнивания и возгорания, коробление и усушка, разбухание и растрескивание, наличие пороков в древесине, различные заболевания. Современная наука и техника выработали способы борьбы с этими недостатками природной древесины. Применение современных способов обработки древесины повышает ее долговечность, огнестойкость, прочность деревянных конструкций и расширяет область их использования в народном хозяйстве.

Сосна как строительный материал используется в несущих и ограждающих конструкциях. Из-за высокого содержания смолы сосна является стойкой к гниению и воздействию атмосферных осадков. При усушке древесина сосны практически не коробится.

Внутри комлевой части ствола сердцевина чаще всего бывает гнилой, поэтому эту часть хлыста утилизируют на дрова. Допустим, есть возможность удалить сердцевину отбрасываемой части, тогда, обработав внутреннюю часть антисептиками и водостойкими пропитками, можно найти таким образцам достойное применение. Ранее было проведено исследование подобных образцов на устойчивость*. Было показано, что эти образцы можно применить в качестве подпорок и т.д. Необходимо исследовать поведение образцов с внутренним центральным отверстием при сушке и сравнить результаты с образцами без отверстий.

На базе учебно-производственных мастерских Уральского лесотехнического университета был поставлен эксперимент, целью которого была сушка образцов с разными размерами отверстий и сравнение результатов с образцами без отверстий (рис. 1, 2). Для этого были заготовлены следующие образцы: материал – сосна, длина 1 метр. Внешние диаметры в интервалах: 14–18, 20–26, 28–34, 36–44 см. Все образцы выбирались 3 видов: с внутренним центральным отверстием диаметра 6, 20 мм, или без отверстия (такой же набор образцов подвергается в данный момент сушке в естественных условиях).



Рис. 1. Укладка образцов в камеру



Рис. 2. Общий вид замера влажности

* Карапетян М.А., Раевская Л.Т. Исследование объекта на устойчивость // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. VIII Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. – Ч. 1. – С. 329–331.

Эксперимент поставлен при стационарном режиме сушки. В течение 120 часов образцы находились в СВЧ печи при $t = +170^{\circ}\text{C}$ с предварительным нагревом. По истечении установленного времени сушки производились замеры влажности.

Все образцы в камеру сушки были заложены одновременно. После суток сушки на торцах образцов с внутренним диаметром 20 мм (рис. 3, 4) наблюдалось наибольшее выступление влаги, образцы без отверстия были влажными и имели трещины на боковой поверхности от 5 до 10 мм длиной 1,5–15 мм, на торцевой части – размерами от 3–40 мм, длиной от 2 мм до 1 м (см. рис. 3, 4.)

Образцы с центральным внутренним отверстием 20 мм



Рис. 3. Образец № 6 – торцевые трещины



Рис. 4. Образец № 7 – трещины на боковой поверхности

Образцы с центральным внутренним отверстием диаметром 6 мм (рис. 5, 6) и внешним диаметром образцов 14–18, 20–26 см имели влажность 18–22 %, для образцов диаметром 28–34, 36–44 см влажность достигала 30 %. Заметим, при этом трещины торцевые достигали значение от 1 до 40 мм и характеризовались наибольшим выходом смолы на поверхность образца. Продольные трещины на образцах имели незначительные размеры – от 2 до 10 мм (рис. 5, 6).

Образцы с центральным внутренним отверстием 6 мм



Рис. 5. Образец № 5 – торцевые трещины, смоляные выходы



Рис. 6. Образец № 11 – поверхностных трещин незначительное количество

Образцы без отверстий влажные, трещины в продольном направлении от 2 до 10 мм и длиной от 2 мм до 1 метра, торцевые трещины – от 1 до 9 мм в ширину, длиной до 44 мм (рис. 7, 8.)

Образцы без центрального внутреннего отверстия



Рис. 7. Образец № 1 – торцевые трещины



Рис. 8. Образец № 3 – значительные поверхностные трещины

В процессе сушки образцов были получены следующие результаты:

1. На всех образцах с отверстием на торцевой части было большее количество влаги, чем на торцевой части образцов без отверстия.

2. В конце 1-х суток было на образцах с внутренним центральным отверстием на 20 мм влаги больше, чем на образцах с внутренним центральным отверстием 6 мм.

3. В конце сушки практически все образцы с внешним диаметром 36–44 см, имели поперечные трещины вдоль образца, глубина которых была сравнима с размерами диаметра.

4. В образцах с внешним диаметром 14–18 см, с внутренним центральным отверстием 20 мм торцевых и поперечных трещин было наименьшее количество, чем в образцах того же внешнего диаметра, с отверстием 6 мм и в образцах без отверстия.

Предварительные результаты эксперимента показывают возможность применения образцов с центральным внутренним отверстием в архитектурных решениях, например, в изготовлении строительных деталей.

**А.П. Комиссаров, В.В. Савина,
Е.Р. Самаркин, Е.С. Синегубова**
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
vik_savina@bk.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НЕКОТОРЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ (IMPROVING THE EFFICIENCY OF DRYING LUMBER SOME TYPES OF WOOD)

В современных условиях производства различных изделий и материалов из древесины значительно повышаются требования к качеству выпускаемой продукции. При этом необходимо изыскивать новые пути оптимизации технологических процессов.

In modern conditions of production of various products and materials of wood greatly increased demands on the quality of products. It is necessary to find new ways to optimize the process.

Одной из наиболее актуальных задач является совершенствование системы управления параметрами тепловой обработки древесины. Сушка пиломатериалов, прогрев фанерного сырья перед лущением, автоклавная пластификация – все это в значительной мере предопределяет качество получаемой продукции и эффективность работы предприятия.

Разработанная Б.С. Чудиновым теория тепловой обработки древесины позволяет решить многие задачи технологического характера [1], но существует необходимость повышения точности расчетов по расходу тепловой энергии на данные операции и для оперативного контроля состояния древесины.

Пока можно утверждать, что точность расчетов по теплообменным процессам не слишком высока и находится в пределах до $\pm 15\%$. Столь значительный диапазон изменчивости обусловлен неоднородностью физико-механических показателей древесины, которая зависит от многочисленных и часто не поддающихся контролю факторов.

Расчеты по определению потребления тепловой энергии на обработку древесины связаны с ее теплофизическими свойствами, которые опосредованно выражены коэффициентами теплоемкости (C), теплопроводности (λ) и температуропроводности (a). Значения коэффициентов λ и a принимаются с учетом направления теплового потока, доли поздней древесины в общей массе, наличия сердцевинных лучей. В связи с неопределенностью и сложностью количественной оценки этих факторов установить величины тепловых коэффициентов с высокой степенью точности часто не удается или даже невозможно. Если изменения физико-механических свойств при тепловой обработке древесины выразить через некую адекватную средневзвешенную величину, то все возникающие проявления будут учтены в совокупности. По нашему мнению, этой величиной может быть критерий жесткости древесины, который определяется из выражения:

$$K_{ж} = \sigma / \gamma, \quad (1)$$

где $K_{ж}$ – безразмерная величина жесткости;

σ – объемная твердость древесины, кН/м^3 ;

γ – плотность древесины, кН/м^3 .

Выбор такого подхода, подтверждается следующим.

По исследованиям В.Н. Волынского [2] очень тесная взаимосвязь наблюдается между твердостью и плотностью древесины любых пород (коэффициент корреляции до 0,954). Это дает возможность сократить изменчивость коэффициента $K_{ж}$ по твердости и плотности до $\pm 5\%$.

Поскольку на практике разрезов, абсолютно ориентированных по направлению волокон древесины, не существует, то нет и необходимости учитывать разные направления воздействия теплового потока на обработанный материал. Тем не менее, при решении задач по тепловым процессам исследователи зачастую сталкиваются с большим числом переменных факторов, в результате чего оказывается невозможно вскрыть закономерности того или иного теплообменного явления.

Как известно, в теории теплопередачи применяют безразмерные теплофизические комплексы, называемые критериями теплового подобия. Эти критерии могут быть применены и для математического описания процессов гидротермической обработки. В этом случае теплообменный критерий Фурье F_0 выражается формулой:

$$F_0 = \frac{\alpha \tau}{R^2} \quad (2)$$

Он определяет связь между скоростью изменения температурного поля в твердом теле, его физическими характеристиками и размерами.

Другим равноценным критерием, полученным в данной работе, является показатель жесткости древесины, который связан с ее физическими характеристиками.

$$K_{\text{ж}} = \frac{\sigma}{\gamma}, \quad (3)$$

где σ – объемная твердость древесины, кН/м³, которая определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{3p}{\pi R^3}, \quad (4)$$

где p – сила, действующая на образец при определении объемной твердости, кН.

Этот критерий также может быть применен для определения степени сопротивления древесины тепловому воздействию. В окончательном виде критерий жесткости выражается формулой:

$$K_{\text{ж}} = \frac{3p}{\gamma \pi R^3}. \quad (5)$$

Отсюда следует, что критерии F_0 и $K_{\text{ж}}$ по своим физическим характеристикам адекватны. Это позволяет решить некоторые задачи, связанные с расчетом тепловых процессов гидротермической обработки и определением тепловых коэффициентов для древесных материалов. После преобразований тождественного выражения критериев выявляется формула определения коэффициента температуропроводности a :

$$\frac{a\tau}{R^2} = \frac{3p}{\gamma \pi R^3},$$

$$a = \frac{3p}{\tau \gamma \pi R^3} [\text{м}^2/\text{ч}]. \quad (6)$$

На основании оценки жесткости древесины можно с достаточно высокой степенью точности определить коэффициент температуропроводности расчетным методом и, следовательно, назначить наиболее приемлемые для конкретных условий производства параметры технологического процесса тепловой обработки.

Исследования, проведенные при получении строганого шпона, показали, что пластические свойства древесины в результате ее прогрева от 0 до 100 °С существенно изменяются. При этом модуль упругости сокращается на величину 0,93 МПа, а именно, с 1,34 до 0,41 МПа. Исходя из предположения, что эластичность будет изменяться по такой же закономерности, что и модуль упругости, примем соотношение:

$$T = \frac{\sigma \cdot K}{\gamma} [^\circ\text{C}], \quad (7)$$

где σ – объемная твердость древесины, кН/м³;

γ – плотность древесины, кН/м;

K – коэффициент перевода жесткости (показатель эластичности) древесины, $K = 9,3$.

Введенный в формулу коэффициент означает, что для уменьшения жесткости древесины на единицу на нее оказывается тепловое воздействие, эквивалентное давлению в 9,3 кН/см².

Пользуясь этой формулой, была составлена номограмма (рис. 1) зависимости оптимальной температуры нагрева для некоторых пород древесины перед строганием (лущением) от ее жесткости. При этом плотность древесины определялась по формуле, Н/м³:

$$\rho_w = 0,957 \rho_{12} \frac{100 + W}{100 + 0,6W} 9,81. \quad (8)$$

Благодаря введению нового понятия безразмерной величины жесткости и на основании проведенных исследований на древесине лиственницы, березы, ясеня составлены режимы гидротермической обработки брусьев в насыщенном паре при температуре 100 °С для 12 пород древесины.

Пример определения оптимальной температуры для сосны показан стрелками и составляет 40 °С. Под оптимальной температурой понимается температура, при которой эластичность периферийных и центральных зон имеет одинаковые значения и обеспечивает наиболее высокое качество строгания.

На рис. 1 приводится номограмма для определения коэффициента температуропроводности в зависимости от коэффициента жесткости древесины, ее влажности и температуры прогрева. Коэффициент температуропроводности является основным параметром, который используется при определении режима прогрева древесины.

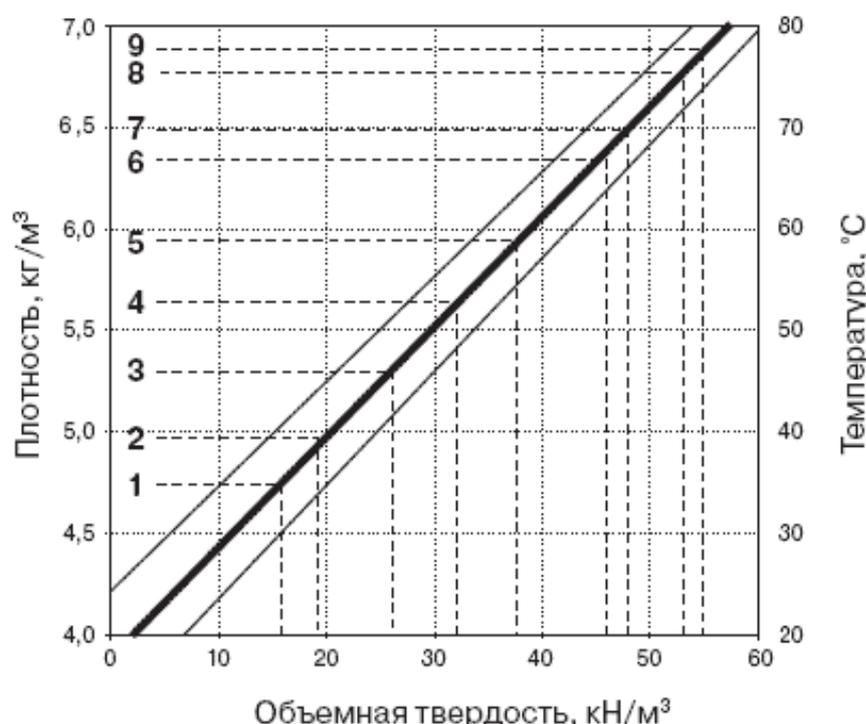


Рис. 1. Номограмма для определения оптимальной температуры нагрева на оси сортимента в зависимости от породы древесины:

- 1 – ель, кедр; 2 – липа; 3 – сосна, осина; 4 – ольха;
5 – береза; 6 – вяз; 7 – бук; 8 – дуб; 9 – яшень

Таким образом, при определенных параметрах тепловой обработки, в частности при оптимальной температуре для каждой породы, можно достичь увеличения скорости и снижения усилий строгания, что безусловно повышает качество механической обработки древесины (рис. 2, 3).

Как видно из рис. 2, вначале идет смятие волокон боковых поверхностей, то есть сопротивление небольшое, а истинное сопротивление происходит. На глубине 1,8–2 мм (смятие остается в стороне) на глубине 1,2 мм мы видим разрушение, а далее

идет заглабление на 1,8 мм – истинная глубина, которая оказывает сопротивление (массив древесины).

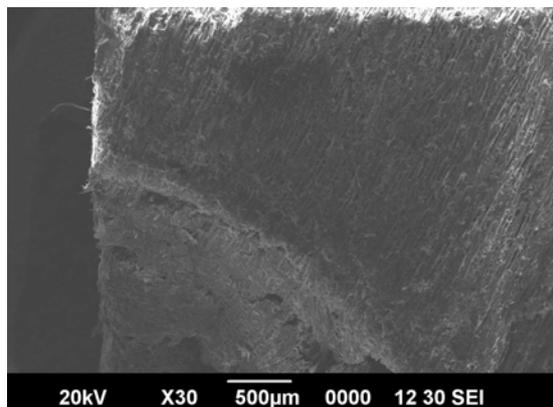


Рис. 2. Сосна вид сбоку

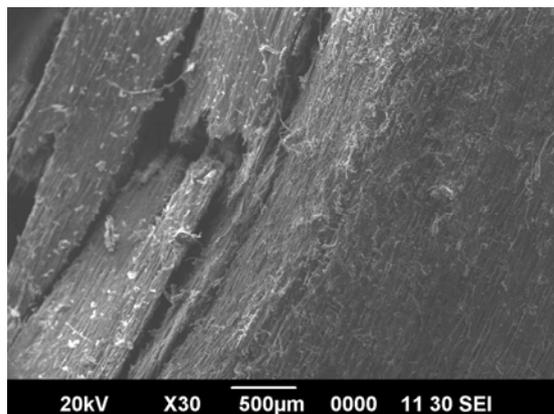


Рис. 3. Вид сверху
(при дальнейшем вдавливании
происходит разрушение следующих
слоев на глубину более 2 мм)

На первом этапе происходит раскалывание. Видно кромку, заглабление головки пуансона и смятие (разрыв) волокон древесины. При дальнейшем вдавливании происходит разрушение следующих слоев на глубине не более 2 мм.

Выводы:

1. Исследования объемной твердости древесины позволили вскрыть закономерности разрушения древесины в процессе вдавливания в неё пуансона и определить истинный момент измерения величины нагрузки.

2. Проведенные исследования дают возможность на более высоком уровне проводить технологические режимы сушки пиломатериалов и режимы пропаривания сортиментов.

3. Исследования наглядно показали (см. рис. 2, 3) визуально и фактически по твердости, что в основной массе пиломатериалов происходит при достижении влажности 14,5 %, и только при влажности 16 % происходит вдавливание (см. рис. 2) без разрушения.

4. В результате проведенных исследований отбраковка пиломатериалов при сушке с 15 % сократится до 6–8 %, а при пропаривании – до 4–5 %.

5. Экономический эффект от внедрения данной работы в производство составит ориентировочно: а) по сушке 100 м³ пиломатериала – 1,5 млн руб; б) по пропариванию брусьев 100 м³ – 1,0 млн руб.

Библиографический список

1. Чудинов Б.С. Теория тепловой обработки древесины / Б.С. Чудинов. – М., 1968. – 256 с.

2. Волынский В.Н. Взаимосвязь показателей чистой древесины / В.Н. Волынский. – 2-е изд. – Архангельск: АГТУ, 2005. – 178 с.

А.С. Кравченко, С.Э. Бобровский
БГТУ, Минск, РБ

**РАСЧЕТ СИЛОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦИЛИНДРОВКИ
ДРЕВЕСИНЫ С ПОЛУЧЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ
(CALCULATION OF FORCE INDICATORS IN CYLINDERING
WOOD ON RECEIPT OF WOOD CHIPS)**

В представленной работе проведен расчет силовых показателей при оцилиндровке круглых лесоматериалов специальными ножами, дающими возможность получать технологическую щепу. Сформулированы выводы по существу данного вопроса.

In this study, we calculated the power indices in cylindering round timber with special knives, making it possible to receive the wood chips and formulate conclusions on the merits of the issue.

В настоящее время актуальной является задача изготовления оборудования, позволяющего производить оцилиндровку круглых лесоматериалов надлежащего качества и приемлемой себестоимости.

Расчет силовых показателей возможных вариантов при оцилиндровке древесины выполнен с учетом основных технических характеристик оцилиндровочного станка (табл. 1).

Таблица 1

Основные технические данные оцилиндровочного станка

| Показатели | Обозначение | Величина | Примечание |
|--|-------------|----------|------------|
| Диаметр просвета ротора | D_p | 630 | – |
| Диаметр лесоматериала, мм: максимальный | D_{max} | 530 | |
| минимальный | D_{min} | 100 | |
| Частота вращения ротора, мин ⁻¹ | П1 | 150 | – |
| | П2 | 200 | |
| | П3 | 300 | |
| Число ножей | z | 5 | – |
| Общая установленная мощность, кВт | P_y | 40,72 | – |
| Скорость подачи бревна, м/мин | U_1 | 12 | – |
| | U_2 | 16 | |
| | U_3 | 24 | |
| | U_4 | 30 | |
| | U_5 | 40 | |
| | U_6 | 60 | |

При выполнении оцилиндровки резец является активной частью режущего инструмента. Конструкция ножа должна обуславливать требования, предъявляемые к технологической щепе.

Конструкция ножа сборная. Режущий элемент представляет собой резец U-образной формы, который крепится к державке посредством двух винтов. Резец имеет боковую зарезную, главную режущую и боковую подрезную кромки.

Углы резания существенно влияют на процесс стружкообразования и выбираются в зависимости от условий резания.

Угол заточки β предопределяет режущие свойства резца. Анализ литературных источников и опыта эксплуатации оборудования по производству технологической щепы показывает, что данный угол может находиться в пределах 40–45°.

Для уменьшения сил трения между задней поверхностью резца и обрабатываемым материалом рекомендуется формировать режущие кромки с задним углом 12–15° в случаях выполнения операций по формированию стружки, что имеет место для резанной и главной кромок. Подрезная же кромка практически не соприкасается с обрабатываемым материалом, поэтому можно рекомендовать задний угол в пределах 5–8°.

Использование составной конструкции ножа позволяет упростить монтаж инструмента и способ его регулирования. Ножи можно устанавливать при оцилиндровке по спирали в специальных кронштейнах в один или два ряда (рис. 1). Количество режущих элементов и их рядность зависит от диаметра обрабатываемых бревен (величины сбега) и их длины. Следует отметить, что при данном способе крепление ножей жесткое и величина падения спирали обусловлена толщиной щепы ($S_{щ}$).

Данный инструмент можно использовать и для окорки древесины. В этом случае устанавливают 1–2 ножа, но с использованием плавающей системы ориентации ножа по отношению к обрабатываемому материалу, т.е. требуется оснастить станок следящим устройством.

Для принятой принципиальной схемы скорость подачи определяется по формуле, м/мин:

$$V_S = S_Z z n / 1000, \quad (1)$$

где z – количество ножей, шт.;

n – частота вращения ротора, мин;

S_Z – продольная подача на нож ($S_Z = l_{щ}$), мм.

Скорость резания определяется по формуле, м/с:

$$V_P = \pi D_{бр} n / 60 \cdot 1000, \quad (2)$$

где $D_{бр}$ – диаметр обрабатываемого бревна, мм.

Из формулы (1) можно получить зависимость для определения количества режущих элементов:

$$z = 1000 V_S / S_Z n.$$

Длина щепы регламентирована ГОСТом 15.815-88, и для производства древесноволокнистых плит приемлемы параметры по длине 10–35 мм толщиной не более 5 мм, а для древесностружечных плит, соответственно, 10–60 мм. Условно для расчетов принято $S_Z = 35$ мм. Тогда для частот вращения ротора и скорости подачи оцилиндровочного станка, согласно техническим данным (см. табл. 1), получим необходимое количество режущих инструментов. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Количество режущих элементов можно определить, учитывая толщину снимаемого слоя древесины.

Как видно из рис. 1, значение

$$h = D_{бр} - d,$$

где d – диаметр полученной заготовки, мм.

В этом случае

$$z = h / S_{щ}.$$

Сила резания при получении технологической щепы зависит от ее толщины и длины. Согласно исследованиям* расчетная формула имеет вид, приведенный ниже.

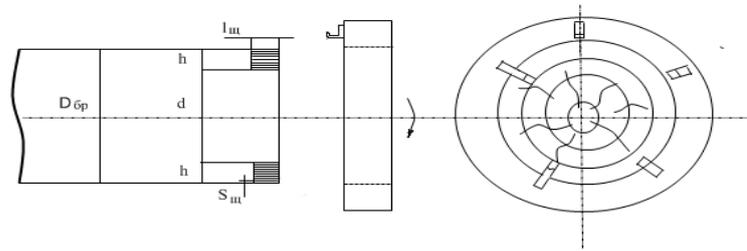


Рис. 1. Принципиальная схема

Таблица 2

Расчет количества режущих инструментов для получения технологической щепы

| Частота вращения ротора, мин-1 | Скорость подачи, м/мин | | | | | |
|--------------------------------|------------------------|----|----|----|----|----|
| | 12 | 16 | 24 | 30 | 40 | 60 |
| 150 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 12 |
| 200 | 2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 |
| 300 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 6 |

При получении щепы с параметрами имеем, Н:

$$F = 366 - 0,63l_{щ} - 109,5S_{щ} + 1,88 l_{щ}S_{щ} + 14,3 S_{щ}^2 \quad (3)$$

При $l_{щ}=35$ мм и $S_{щ}=5$ мм имеем, Н:

$$F = 366 - 0,63 \cdot 35 - 109,5 \cdot 5 + 1,88 \cdot 35 \cdot 5 + 14,3 \cdot 5^2 = 482,9.$$

Приведенная формула действительна для обработки древесины сосны острыми резцами. В случаях обработки других пород затупленными резцами необходимо учитывать поправочные коэффициенты. Поправочные коэффициенты на породу представлены в табл. 3.

При критическом затуплении режущих элементов поправочный коэффициент на затупленность составляет $a_p = 1,6$.

Учитывая выше изложенное:

$$F_{\delta} = F_c a_n a_p.$$

Так при обработке древесины березы затупленными резцами для принятых условий касательная суммарная сила резания составит, Н:

$$F_{\delta} = 482 \cdot 1,25 \cdot 1,6 = 965,8.$$

Таблица 3

Поправочные коэффициенты на породу древесины

| a_n | Мягкие породы | | | | | | Твердые породы | | | |
|-------|---------------|-------|------|-------|-------|----------|----------------|------|------|-------|
| | Липа | Осина | Ель | Сосна | Ольха | Листвен. | Береза | Бук | Дуб | Ясень |
| | 0,80 | 0,85 | 0,95 | 1,0 | 1,05 | 1,10 | 1,25 | 1,40 | 1,55 | 1,75 |

* Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологии изготовления, подготовки к эксплуатации инструмента фрезерно-брусующих машин серии БРМ», тема 83–84. – Минск: БТИ, 1985.

Мощность резания определяется по формуле:

$$P = F V z / 1000 \eta,$$

где z – количество режущих элементов;

η – КПД механизма резания ($\eta = 0,94$).

При получении технологической щепы и заготовки диаметром 150 мм с числом ножей $z=1$ имеем, м/с:

$$V = \pi d n / 60 \cdot 1000 = 3,14 \cdot 150 \cdot 300 / 60 \cdot 1000 = 2,4.$$

Мощность привода должна быть не менее, кВт:

$$P_{\text{дв}} = 965,8 \cdot 2,4 \cdot 1/1000 \cdot 0,94 = 2,5.$$

Предложенный способ имеет следующие преимущества:

- возможность получения технологической щепы;
- использование одного ножа позволит снизить энергозатраты на процесс оцилиндровки;
- высокое качества обработки;
- простота наладки механизма резания.

Недостаток способа – эффективность достигается за счет сортировки бревен вследствие жесткого крепления ножей.

А.С. Кравченко, С.Э. Бобровский
БГТУ, Минск, РБ

ОЦИЛИНДРОВКА ДРЕВЕСИНЫ СПОСОБОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ (CYLINDERING WOOD WAY CYLINDRICAL MILLING)

В представленной работе проведен расчет силовых показателей при оцилиндровке круглых лесоматериалов способом цилиндрического фрезерования и сформулированы выводы по существу данного вопроса.

In this study, we calculated the power indices for round timber cylindering cylindrical milling means and formulate conclusions on the merits of the issue.

Оцилиндровка древесины способом фрезерования не требует разработки специального фрезерного инструмента. В данном случае можно использовать фрезы сборные для обработки проушин и шипов по ГОСТу 11290-80, фрезы дисковые пазовые по ГОСТу 11291-81 и т.д. Можно использовать инструмент собственной конструкции, представляющий собой диск с установленными резцами, аналогичными, что и для чистового точения.

Расчет основных показателей.

Диаметр режущего инструмента подбирается из условия соблюдения скорости резания, которая должна находиться в пределах 20–30 м/с [1].

Скорость резания определяется зависимостью:

$$V_p = \pi D n / (60 \cdot 1000),$$

откуда

$$D = 60 \cdot 1000 V_p / (\pi n).$$

При использовании привода, имеющего частоту вращения 3000 мин⁻¹ диаметр фрезы составит, мм:

$$D = 60 \cdot 100 / (3,14 \cdot 3000) - (20 \div 30) = 127 \div 190.$$

Ширина режущей кромки должна быть не меньше высоты снимаемого припуска, что примерно составляет 10 мм. Количество режущих элементов можно принять от 2 до 6.

Расчет силовых показателей выполнен по методике, разработанной А.Л. Бершадским [2]. Касательная сила резания определяется по формуле:

$$F = (a_p p b + a k b) l^{\sim} / t, \text{ при } a > 0,1 \text{ мм,}$$

$$F = [(a_p - 0,8) p b + a b (k + 8p) l^{\sim} / t, \text{ при } a < 0,1 \text{ мм,}$$

где a_p – коэффициент, учитывающий состояние главной режущей кромки резца;
 p – удельная сила резания по задней грани резца, Н/мм;
 b – ширина контакта лезвия резца с обрабатываемым материалом, мм. В данном случае этот показатель будет равен высоте снимаемого припуска;
 a – толщина стружки, мм;
 k – удельная работа резания по передней грани резца, Н/мм²;
 l^{\sim} – дуга контакта режущего элемента с объемом обработки, мм;
 t – шаг зубьев фрезы, мм.

Удельная сила резания по задней грани резца определяется по следующей зависимости при фрезеровании, Н/мм:

$$\text{сосна: } P = 1,6 + 0,036 \psi,$$

$$\text{береза: } P = 1,9 + 0,04 \psi,$$

$$\text{дуб: } P = 2,1 + 0,046 \psi,$$

где ψ – угол перерезания волокон, град.

$$\psi = \Theta = a > c \sin \sqrt{h/D},$$

где h – высота припуска, мм;

d – диаметр окружности резания, мм.

Толщина стружки определяется по общеизвестной формуле, тогда удельная работа резания по передней грани резца определяется по следующей зависимости при обработке сосны, Н/мм²:

$$k = (0,2 + 0,004 \psi) \delta + (0,07 + 0,0015 \psi) v - (5,5 + 0,15 \psi);$$

березы

$$k = (0,25 + 0,005 \psi) \delta + (0,08 + 0,0018 \psi) v - (7,0 + 0,18 \psi);$$

дуба

$$k = (0,28 + 0,006 \psi) \delta + (0,09 + 0,0018 \psi) v - (7,0 + 0,18 \psi);$$

где δ – угол резания, град,

v – скорость резания, м/с.

Длина дуги контакта определяется по формуле:

$$l^{\sim} = h / \sin \theta,$$

где h – припуск на обработку, мм;

θ – кинематический угол встречи, град.

Шаг зуба определяется по формуле:

$$t = \pi d / z,$$

где z – число режущих элементов, шт.

Следует отметить, что при использовании метода фрезерования для оцилиндровки древесины следует определить суммарную силу резания, которая образуется в результате продольного перемещения обрабатываемой заготовки и поперечного, вызванного вращением фрезерного суппорта вокруг бревна. Расчетные формулы для поперечного фрезерования аналогичны продольному но с учетом поправочного коэффициента, равного 0,6.

Возможные энергозатраты при окорке древесины выполнены для условий, представленных в табл. 1. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Как видно из приведенных расчетов, наибольшие энергозатраты вызывают поперечные силы резания. Это вызвано наличием больших скоростей подачи базовой модели станка. Для уменьшения данного показателя необходимо предусмотреть снижение частоты вращения ротора.

Таблица 1

Условия расчета силовых показателей при оцилиндровке древесины методом фрезерования

| Наименование показателей | Значение принятых величин |
|--|---------------------------|
| Первоначальный радиус затупления, мкм | 5,0 |
| Прирост радиуса затупления, мкм | 40,0 |
| Коэффициент, учитывающий состояние главной режущей кромки, a_p | 2,6 |
| Обрабатываемый материал | Сосна |
| Частота вращения фрезы n , мин ⁻¹ | 3000 |
| Диаметр фрезы D_1 , мм | 150 |
| Скорость резания V_1 , м/с | 24 |
| Припуск на обработку $n(b)$, мм | 10 |
| Кинематический угол встречи $\theta(\psi)$, град | 15 |
| Угол резания δ , град. | 60 |
| Удельная сила резания по задней грани резца p , Н/мм ² | 2,14 |
| Удельная работа резания по передней грани резца k , Н/мм ² | 13,96 |
| Длина дуги контакта l^* , мм | 38,8 |
| Диаметр траектории вращения суппорта D_1 , мм | 300 |
| Скорость подачи в поперечном направлении U_{non} при $n_3 = 300$ мин ⁻¹ | 382,6 |

Таблица 2

Расчет сил и мощности резания при оцилиндровке древесины методом фрезерования при частоте вращения ротора $n = 300$ мин⁻¹

| Наименование показателей | Скорость подачи, м/мин | | | | | |
|--|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 12 | 16 | 24 | 30 | 40 | 60 |
| 1. При количестве режущих элементов $z = 2$ | | | | | | |
| 1.1. Подача на зуб S_z , мм, для фрезерования: | | | | | | |
| продольного | 2,0 | 2,7 | 4,0 | 5,0 | 6,7 | 10,0 |
| поперечного | 63,8 | 63,8 | 63,8 | 63,8 | 63,8 | 63,8 |
| 1.2. Толщина стружки a , мм, для фрезерования: | | | | | | |
| продольного | 0,52 | 0,701 | 1,03 | 1,29 | 1,73 | 2,58 |
| поперечного | 16,45 | 6,45 | 16,45 | 16,45 | 16,45 | 16,45 |
| 1.3. Шаг зуба t , мм | 235,5 | | | | | |
| 1.4. Касательная сила резания F , Н, для фрезерования: | | | | | | |
| продольного | 21,2 | 25,3 | 32,9 | 38,9 | 49,1 | 68,7 |
| поперечного | 233,2 | 233,2 | 233,2 | 233,2 | 233,2 | 233,2 |

| Наименование показателей | Скорость подачи, м/мин | | | | | |
|--|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 12 | 16 | 24 | 30 | 40 | 60 |
| 1.5. Суммарная сила резания F_{Σ} , Н | 254,4 | 258,5 | 266,1 | 272,1 | 282,3 | 301,9 |
| 1.6. Мощность резания P_1 , кВт | 6,1 | 6,2 | 6,4 | 6,5 | 6,8 | 7,3 |
| 2. При количестве режущих элементов $z = 4$ | | | | | | |
| 2.1. Подача на зуб S_z , мм, для фрезерования: | | | | | | |
| продольного | 1,0 | 1,3 | 2,0 | 2,5 | 3,3 | 5,0 |
| поперечного | 31,9 | 31,9 | 31,9 | 31,9 | 31,9 | 31,9 |
| 2.2. Толщина стружки a , мм, для фрезерования: | | | | | | |
| продольного | 0,26 | 0,34 | 0,52 | 0,65 | 0,86 | 1,29 |
| поперечного | 8,23 | 8,23 | 8,23 | 8,23 | 8,23 | 8,23 |
| 2.3. Шаг зуба t , мм | 117,8 | | | | | |
| 2.4. Касательная сила резания F , Н: для фрезерования: | | | | | | |
| продольного | 30,3 | 4,02 | 42,3 | 48,3 | 58,0 | 77,8 |
| поперечного | 238,6 | 38,6 | 238,6 | 238,6 | 238,6 | 238,6 |
| 2.5. Суммарная сила резания F_{Σ} , Н | 268,9 | 272,4 | 280,9 | 286,9 | 296,6 | 316,4 |
| 2.6. Мощность резания P_1 , кВт | 6,6 | 6,5 | 6,7 | 6,9 | 7,1 | 7,6 |
| 3. При количестве режущих элементов $z = 6$ | | | | | | |
| 3.1. Подача на зуб S_z , мм, для фрезерования: | | | | | | |
| продольного | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 1,7 | 2,2 | 3,3 |
| поперечного | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 |
| 3.2. Толщина стружки a , мм, для фрезерования: | | | | | | |
| продольного | 0,17 | 0,23 | 0,34 | 0,43 | 0,57 | 0,86 |
| поперечного | 5,48 | 5,48 | 5,48 | 5,48 | 5,48 | 5,48 |
| 3.3. Шаг зуба t , мм | 78,5 | | | | | |
| 3.4. Касательная сила резания F , Н, для фрезерования: | | | | | | |
| продольного | 39,3 | 43,4 | 51,0 | 57,3 | 66,9 | 87,0 |
| поперечного | 244,0 | 244,0 | 244,0 | 244,0 | 244,0 | 244,0 |
| 3.5. Суммарная сила резания F_{Σ} , Н | 283,3 | 267,4 | 295,0 | 301,3 | 310,9 | 331,0 |
| 3.6. Мощность резания P_1 , кВт | 6,8 | 6,9 | 7,1 | 7,2 | 7,5 | 7,9 |

Процесс фрезерования позволяет осуществить оцилиндровку бревен с получением высокого качества обработки и правильной формы сечения обрабатываемого бревна. Недостатком данного метода является сложность механизма резания и повышенная энергоёмкость.

Библиографический список

1. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологии изготовления, подготовки к эксплуатации инструмента фрезерно-брусующих машин серии БРМ», тема 83–84. – Минск: БТИ, 1985.
2. Бершадский А.Л. Резание древесины / А.Л. Бершадский, Н.И. Цветкова. – Минск: Вышэйшая школа, 1975.

Ярослав Мартинек
Университетский лесхоз
«Лес Масарика» МЕНДЕЛУ, Кржтины, ЧР
www.slpkrtiny.cz

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАНАТНЫХ ПОДВЕСНЫХ ДОРОГ – УСЛОВИЕ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСА

The application of Furniculars the management of logging. Defines the role of the Ural State Forestry University in training managers to manage work multioperational forestry machinery. For this project is provided by the organization "Demonstration center skidding by cableway."

Обосновано применение канатных подвесных дорог при ведении лесозаготовок. Определена роль Уральского государственного лесотехнического университета в подготовке менеджеров по управлению работой многооперационных лесозаготовительных машин. Для этого предусматривается осуществление проекта по организации «Демонстрационного центра трелевки с помощью канатной дороги».

Никто не сомневается в том, что наиболее рискованной лесохозяйственной операцией, связанной с лесозаготовкой, является трелевка древесины, как мы лесники говорим «от пня на место вывоза». В прошлом эта операция проводилась в соответствии с уровнем развития средств механизации, предназначенной для этой цели, то есть: переноска древесины вручную, перевозка на санях, трелевка древесины с помощью конной тяги и так далее, что с точки зрения нагрузки на окружающую среду не представляло особых проблем.

Однако по мере применения всё более сложной лесохозяйственной техники это становится проблемой. Тяжелые тракторы, независимо от того, гусеничные или колёсные, вызывают необратимые повреждения лесных массивов, которые ещё как-то проходят у персонала лесхозов (но у общественности уже с трудом) только из-за того, что ущерб, причиненный окружающей среде, мы не умеем выразить в финансовом отношении.

В то же время все мы знаем, что причинённый ущерб (в денежном отношении) часто может обойтись дороже, чем финансовые доходы от продажи утилизированной древесины.

Может быть кто-то не сомневается в том, что в будущем на большей территории Евразии, решением станет правильно используемая технология многооперационных лесозаготовительных машин (харвестеров). Когда я говорю о правильном использовании, я имею в виду, главным образом, качество менеджерской деятельности технологов, а также мастерство, ответственность операторов техники. С применением таких видов технологии в будущем будет осуществляться до 90 % лесозаготовок хвойных лесов в Евразии.

Остальные лесозаготовки или трелевка древесины в экологическом отношении в особо ценных местах, в национальных парках и пригородных рекреационных зонах должны осуществляться с применением технологии, обеспечивающей бережное отношение к природе. Я имею в виду технологию использования канатных (подвесных) дорог — трелевка древесины из зоны лесонасаждений к месту вывоза в полуподвешенном или полностью подвешенном состоянии.

Я полагаю, что такой способ трелевки требует особой квалификации технологов, которые будут хорошо осведомлены о технических возможностях технологии, будут ответственно применять оптимальную технику.

Благоприятной является новость, что Уральский государственный лесотехнический университет хорошо готовит своих студентов, будущих менеджеров лесного хозяйства, для управления работой многооперационных лесозаготовительных машин. Я считаю, что это первый шаг к высококачественной работе. Строительство центра многооперационных лесозаготовительных тренажеров является для меня прямым доказательством.

Но как готовятся будущие менеджеры для управления технологией с использованием канатной дороги? Насколько мне известно, в окрестностях до сих пор не существует ни одной канатной подвесной дороги.

Поэтому я хочу обратить ваше внимание на проект, которому мы дали рабочее название «Демонстрационный центр трелевки с помощью канатной подвесной дороги». Цель настоящего проекта – на достигаемом расстоянии от университета иметь учебно-производственный центр, оснащенный технологией канатной подвесной дороги, где студенты вместе с педагогами могли бы оценить практические преимущества данной технологии, принимать участие в работах по подготовке и проектировании трасс канатных подвесных дорог в лесонасаждениях.

Мы считаем, что такая подготовка будущих менеджеров позволит им научиться управлять работой систем канатных дорог, а тот, кто будет трудиться в органах государственного управления сможет сам аргументировать преимущества той или иной технологии. Я имею в виду трельевку древесины с помощью форвардеров или канатной дороги.

Способность лесника – работника государственного управления лесами – приводить профессиональные аргументы считается государственным управлением лесами приоритетной для продвижения тенденций экологизации лесного хозяйства. Совершенно ясно, что государственное управление лесами должно располагать разработанным генеральным планом транспортной доступности лесных насаждений. На основании этого плана необходимо правильно применять лесохозяйственную и лесозаготовительную технику в лесных насаждениях.

Там, где классический технологический метод трелевки вызвал бы необратимые повреждения, запретить такой подход, и наоборот стремиться к применению технологии бережного отношения к экосистеме леса – трелевки с помощью канатной подвесной дороги.

Вполне очевидно, что именно органы госуправления должны при каждом изменении планов лесоустройства в разделе лесозаготовок акцентировать внимание на развитие транспортной классификации лесной местности. Это является базой организации, отвечающей за планы ведения лесного хозяйства и имеющей четкое представление о развертывании технологии канатных дорог в годовых планах лесозаготовок.

Если бы это действительно случилось, то исчез бы спрос на специалистов по эксплуатации канатных дорог, на технологию канатных дорог. Но где следует начать подготовку инженеров-технологов, как не здесь, в вашем университете? Я предполагаю, что такое утверждение является не только серьезным испытанием для будущего, но и огромной ответственностью для вашего вуза. В связи с этим я высоко оцениваю 10-летнюю традицию прохождения практики студентами УГЛТУ (Уральского государственного лесотехнического университета) на базе УЛХ (Университетского лесхоза) Кржины МЕНДЕЛУ, это шаг в правильном направлении.

Аргумент, утверждающий что проект или организация «Демонстрационного центра трелевки с помощью канатной подвесной дороги» стоит дорого, порядка сотни тысяч евро, на меня, как на иностранца, который несколько раз посетил Екатеринбург и некоторые из энергетических центров Свердловской области, не производит впечатления. А соответственно, такой аргумент не должен произвести впечатления на людей, облеченных властью и ответственных за подготовку будущих менеджеров лесного хозяйства. Где ещё могут быть лучшие экономические условия для реализации подобного проекта, если не в УГЛТУ? Требуется лишь меньше говорить о защите окружающей среды и экологии, а больше предпринимать конкретных действий для её улучшения.

Но, чтобы моё заключение не прозвучало с ноткой пессимизма, я должен официально заявить, что факт, когда об охране окружающей среды много говорится, но мало делается, характерен не только для данной части Российской Федерации. К сожалению, это происходит (по моему собственному опыту) во всём мире.

А.С. Пардаев

*БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь
pas6126020@mail.ru*

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ДЕРЕВЯННЫХ КЛЕЕНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ УСУШКЕ И РАЗБУХАНИИ (THE ANALYTICAL DESCRIPTION OF DEFORMATIONS GLUED WOODEN CONSTRUCTIONS IN THE PROCESS OF SHRINKAGE AND SWELLING)

Представлена математическая модель деревянных клееных конструкций, описывающая процессы деформаций при усушке и разбухании, основанная на криволинейной расчетной схеме физико-механической анизотропии древесины на основе цилиндрической системы координат.

Mathematical model of glued wooden constructions was elaborated describing processes of deformation in the process of shrinkage and swelling based on cylindrical anisotropy of wood physical and mechanical characteristics.

В настоящее время в строительстве различных общественных и промышленных объектов (малоэтажные деревянные дома, спортивные сооружения, выставочные центры, промышленные здания, торговые комплексы и т.д.) все чаще используются деревянные клееные конструкции (ДКК). По сравнению с металлом и железобетоном применение массивной (клееной) древесины, особенно для возведения крупнопролетных сооружений, имеет ряд преимуществ: технологичность изготовления изделий различных габаритов и форм, высокая экономическая эффективность и заводская готовность конструкций, низкие расходы на транспортировку и монтаж конструкций, высокая огнестойкость и экологичность.

Однако древесина является материалом гигроскопичным, изменяющим свою влажность, размеры и форму под влиянием условий окружающей среды, что может приводить к снижению качества изделий на стадии их производства, транспортировки и эксплуатации. Изменение формы и размеров, превышающих регламентированные нормы на изделие, снижает эффективность сборочных операций, нарушает целостность конструкции уменьшает срок ее службы.

В последнее время благодаря развитию информационных технологий значительное применение получило моделирование процессов производства и появилась возможность

исследования напряженно-деформированного состояния конструкций, прежде всего посредством метода конечных элементов (МКЭ), который дает возможность разработки и внедрения новых и эффективных методик расчета и оптимизации объектов проектирования.

Основными задачами данной работы являются: выбор схемы механической анизотропии древесины и разработка аналитического описания деформаций деревянных клееных конструкций при усушке (разбухании) с целью их применения в проектной практике в системах конечно-элементного анализа (САЕ-системах).

При выборе расчетной схемы физико-механической анизотропии древесины рассматривают, как правило, следующие варианты:

- древесина как материал с прямолинейной (поперечно изотропной) анизотропией;
- древесина как материал с прямолинейной ортогональной анизотропией;
- древесина как материал с криволинейной (например, цилиндрической) анизотропией.

Рассмотрение древесины как материала поперечно изотропного приводит к большей схематизации явления, менее полно отражает действительный характер анизотропии древесины и в этом уступает предположению об ортогональной анизотропии.

Взгляд на древесину как на материал, элементарным объемам которого можно приписывать свойства ортогональной анизотропии, является в настоящее время наиболее распространенным и в наибольшей мере обоснованным опытными данными. Однако, относя древесину в малых объемах с незначительной кривизной годичных слоев к ортотропным материалам, следует древесину в стволе рассматривать как материал с криволинейной анизотропией.

В ДКК расчетная схема анизотропии определяется формой, размерами и расположением сечений элементов конструкции по отношению к осям симметрии строения древесины.

Например, цилиндрической анизотропией обладает деревянный брус с правильными цилиндрическими годичными слоями. В данном случае уже нельзя пренебречь кривизной годичных слоев, и его можно рассматривать как однородное тело с цилиндрической анизотропией. Ось анизотропии совпадает с осью сердцевины и может проходить как внутри тела, так и вне его.

Также нельзя рассматривать древесину как тело с прямолинейной анизотропией при решении задач, связанных с НДС древесины при изменении ее влажности.

Таким образом, для определения аналитического решения деформированного состояния ДКК принимаем ортогонально анизотропную (ортотропную) расчетную схему физико-механической анизотропии древесины на основе цилиндрической системы координат, которая позволит учесть структурные особенности древесины при рассмотрении процессов усушки, разбухания и механического нагружения.

Разработку модели ДКК с учетом усушки и разбухания его элементов из древесины проводили на основе теории упругости, сопротивления материалов и МКЭ.

В процессе разработки модели предполагалось, что:

- рассчитываемая ДКК представляется в виде совокупности конечных элементов (КЭ), узлы которых обеспечивают соединение элементов между собой, их перемещения определяют деформированное состояние конструкции в целом;
- связь между напряжениями и деформациями осуществляется через упругие постоянные на базе теории упругости анизотропного тела;
- параметры, характеризующие механические свойства древесины, заданы с учетом цилиндрической системы координат (рис. 1): модуль упругости вдоль волокон, поперек волокон в тангентальном и радиальном направлении соответственно E_a , E_b , E_r , модуль сдвига соответственно G_a , G_b , G_r , коэффициент поперечной деформации μ_{ra} , μ_{ar} , μ_{ta} , μ_{at} , μ_{tr} , μ_{rt} ;

– параметры, характеризующие физические свойства древесины также заданы с учетом цилиндрической системы координат: коэффициент усушки (разбухания) вдоль волокон поперек волокон в тангентальном и радиальном направлении соответственно K_a , K_b , K_r ;

– все нагрузки являются установившимися во времени;

– температурные деформации ввиду их незначительной величины не учитываются.

Общий случай механической анизотропии древесины представлен выражением:

$$\{\varepsilon\} = [D] \cdot \{\sigma\} \quad (1)$$

где $\{\varepsilon\}$ – вектор деформаций;

$[D]$ – матрица податливости;

$\{\sigma\}$ – вектор напряжений.

Для ортотропных материалов с прямолинейной анизотропией, имеющих три плоскости упругой симметрии, матрица податливости имеет вид (2) и выполняются соотношения (3).

$$[D] = \begin{bmatrix} 1/E_r & -\mu_{tr}/E_r & -\mu_{ar}/E_r & 0 & 0 & 0 \\ -\mu_{rt}/E_t & 1/E_t & -\mu_{at}/E_t & 0 & 0 & 0 \\ -\mu_{ra}/E_a & -\mu_{ta}/E_a & 1/E_a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/G_{rt} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G_{ta} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G_{ar} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\frac{\mu_{ra}}{E_a} = \frac{\mu_{ar}}{E_r}, \quad \frac{\mu_{ta}}{E_a} = \frac{\mu_{at}}{E_t}, \quad \frac{\mu_{tr}}{E_r} = \frac{\mu_{rt}}{E_t}, \quad (3)$$

где E – модуль упругости;

μ – коэффициент поперечной деформации;

G – модуль сдвига.

Вектор деформации для ДКК рассматривали с учетом неоднородной усушки и разбухания древесины в следующем виде:

$$\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_u\} + \{\varepsilon_w\}, \quad (4)$$

где $\{\varepsilon_u\}$ – вектор упругих деформаций древесины;

$\{\varepsilon_w\}$ – вектор влажностных деформаций древесины.

Вектор упругих деформаций имеет вид (1), а вектор влажностных деформаций в матричной форме имеет вид:

$$\{\varepsilon_w\} = (W - W_0) [K_r \quad K_t \quad K_a \quad 0 \quad 0 \quad 0], \quad (5)$$

где W – конечная влажность древесины;

W_0 – начальная влажность древесины;

K_r , K_t , K_a – коэффициент усушки (разбухания) в радиальном,

тангенциальном и продольном направлении соответственно.

Неравномерное распределение влажности учитывается путем указания значения $(W - W_0)$ для каждого КЭ или группы КЭ модели ДКК в отдельности.

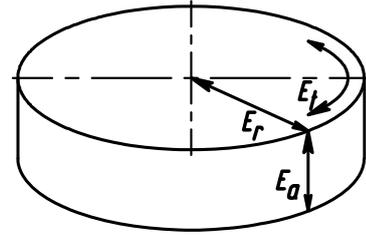


Рис. 1. Цилиндрическая система координат анизотропии постоянных упругости древесины

Физико-механические свойства конструктивных элементов ДКК определяются на основе цилиндрической системы координат, однако практическую значимость имеют деформации ДКК в глобальной, общей для всех элементов конструкции, декартовой системе координат. Таким образом, преобразование от цилиндрических систем координат каждого элемента ДКК в отдельности r_i, t_i, a_i ($i = 1, 2, \dots, n$, где n – количество элементов ДКК) в общую глобальную систему координат (x, y, z) осуществляли путем введения переменной для каждой точки поперечного сечения элемента ДКК, величины φ (угол между осями цилиндрической и глобальной системами координат) и последующего преобразования упругих и влажностных постоянных (рис. 2).

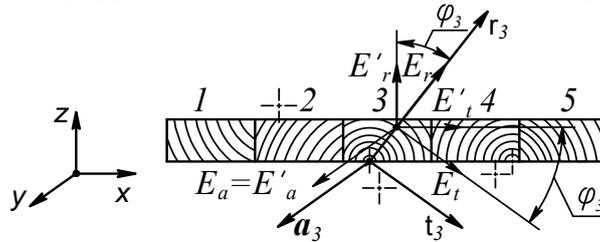


Рис. 2. Схема однослойной щитовой конструкции с указанием глобальной (x, y, z) цилиндрической (r_3, t_3, a_3) систем координат

Для преобразования упругих и влажностных постоянных от цилиндрических систем координат каждого элемента ДКК в отдельности r_i, t_i, a_i ($i = 1, 2 \dots 5$) в общую глобальную (декартову) систему координат (x, y, z) воспользовались таблицей направляющих косинусов [1] при повороте системы координат вокруг одной из главных осей анизотропии на угол φ_i .

Для рассматриваемой модели с учетом поворота вокруг оси a_i формулы расчета упругих постоянных примут вид:

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{1}{E'_{r_i}} &= \frac{\cos^4 \varphi_i}{E_{r_i}} + \left(\frac{1}{G_{r_t i}} - \frac{2\mu_{t_i r_i}}{E_{r_i}} \right) \sin^2 \varphi_i \cos^2 \varphi_i + \frac{\sin^4 \varphi_i}{E_{t_i}}; \\
 \frac{1}{E'_{t_i}} &= \frac{\sin^4 \varphi_i}{E_{r_i}} + \left(\frac{1}{G_{r_t i}} - \frac{2\mu_{t_i r_i}}{E_{r_i}} \right) \sin^2 \varphi_i \cos^2 \varphi_i + \frac{\cos^4 \varphi_i}{E_{t_i}}; \\
 \frac{1}{E'_{z_i}} &= \frac{1}{E_{z_i}}; \\
 \frac{1}{G'_{r_t i}} &= 4 \left(\frac{1}{E_{r_i}} + \frac{1}{E_{t_i}} + \frac{2\mu_{t_i r_i}}{E_{r_i}} - \frac{1}{G_{r_t i}} \right) \sin^2 \varphi_i \cos^2 \varphi_i + \frac{1}{G_{r_t i}}; \\
 \frac{1}{G'_{t_i a_i}} &= \frac{\cos^2 \varphi_i}{G_{t_i a_i}} + \frac{\sin^2 \varphi_i}{G_{a_i r_i}}; \\
 \frac{1}{G'_{a_i r_i}} &= \frac{\sin^2 \varphi_i}{G_{t_i a_i}} + \frac{\cos^2 \varphi_i}{G_{a_i r_i}}; \\
 -\frac{\mu'_{r_t i}}{E'_{r_i}} &= \left(\frac{1}{E_{r_i}} + \frac{1}{E_{t_i}} + \frac{2\mu_{t_i r_i}}{E_{r_i}} - \frac{1}{G_{r_t i}} \right) \sin^2 \varphi_i \cos^2 \varphi_i - \frac{\mu_{t_i r_i}}{E_{r_i}}; \\
 -\frac{\mu'_{a_i r_i}}{E'_{r_i}} &= -\left(\frac{\mu_{a_i t_i}}{E_{t_i}} \sin^2 \varphi_i + \frac{\mu_{a_i r_i}}{E_{r_i}} \cos^2 \varphi_i \right); \\
 -\frac{\mu'_{a_i t_i}}{E'_{t_i}} &= -\left(\frac{\mu_{a_i t_i}}{E_{t_i}} \cos^2 \varphi_i + \frac{\mu_{a_i r_i}}{E_{r_i}} \sin^2 \varphi_i \right).
 \end{aligned} \right\} (6)$$

Для рассматриваемой модели, с учетом поворота вокруг оси a_i , формулы расчета влажностных постоянных примут вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{K'_{r_i}} &= \frac{\cos^4 \varphi_i}{K_{r_i}} + \left(\frac{4}{K_{r_i t_i}^{(45)}} - \frac{1}{K_{r_i}} - \frac{1}{K_{t_i}} \right) \sin^2 \varphi_i \cos^2 \varphi_i + \frac{\sin^4 \varphi_i}{K_{t_i}}; \\ \frac{1}{K'_{t_i}} &= \frac{\sin^4 \varphi_i}{K_{r_i}} + \left(\frac{4}{K_{r_i t_i}^{(45)}} - \frac{1}{K_{r_i}} - \frac{1}{K_{t_i}} \right) \sin^2 \varphi_i \cos^2 \varphi_i + \frac{\cos^4 \varphi_i}{K_{t_i}}; \\ \frac{1}{K'_{z_i}} &= \frac{1}{K_{z_i}}, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где $K_{r_i t_i}^{(45)}$ – коэффициент усушки (разбухания) в диагональном направлении, составляющем углы $\varphi = 45^\circ$ с осями r_i и t_i .

Таким образом, вектор деформации в глобальной (декартовой) системе координат имеет вид:

$$\{\varepsilon'\} = \{\varepsilon'_u\} + \{\varepsilon'_w\}, \quad (8)$$

где $\{\varepsilon'_u\}$ – вектор упругих деформаций в глобальной системе координат;

$\{\varepsilon'_w\}$ – вектор влажностных деформаций в глобальной системе координат.

Вектор упругих деформаций, преобразованный для глобальной системы координат, имеет вид:

$$\{\varepsilon'_u\} = [D'] \cdot \{\sigma\}, \quad (9)$$

где $[D']$ – матрица податливости, преобразованная для глобальной системы координат.

Матрица податливости, преобразованная для глобальной системы координат, имеет вид:

$$[D'] = \begin{bmatrix} 1/E'_r & -\mu'_{r'}/E'_r & -\mu'_{a'r'}/E'_r & 0 & 0 & 0 \\ -\mu'_{r't'}/E'_t & 1/E'_t & -\mu'_{a't'}/E'_t & 0 & 0 & 0 \\ -\mu'_{r'a'}/E'_a & -\mu'_{t'a'}/E'_a & 1/E'_a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/G'_{r't'} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G'_{t'a'} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G'_{a'r'} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Вектор влажностных деформаций, преобразованный для глобальной системы координат, приобретает вид:

$$\{\varepsilon'_w\} = (W - W_0) [K'_r \quad K'_t \quad K'_a \quad 0 \quad 0 \quad 0], \quad (11)$$

где K'_r, K'_t, K'_a – коэффициент усушки (разбухания) в радиальном, тангенциальном и продольном направлении соответственно в глобальной системе координат.

Полученные результаты исследования могут быть использованы при совершенствовании деревянных клееных конструкций [2], определении влияния пороков древесины на напряженно-деформированное состояние ДКК [3], оценке прочности и жесткости клееных брусьев для деревянного домостроения [4] и др.

Таким образом, предложено аналитическое описание деформаций ДКК в матричном виде, которое позволяет определить деформации ДКК при усушке и разбухании, и дает возможность повысить формоустойчивость изделий, находящихся в условиях переменной влажности за счет рационального выбора материалов его конструктивных элементов, их геометрических и структурных характеристик, взаимного расположения.

Библиографический список

1. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела / С.Г. Лехницкий. – М.: Наука, 1977. – 415 с.
2. Пардаев А.С. Повышение формоустойчивости клееных щитов из древесины на основе моделирования процессов усушки и разбухания / А.С. Пардаев, В.Б. Снопков // Архитектура и строительство. – 2009. – № 3. – С. 30–32.
3. Пардаев А.С. Определение влияния пороков древесины на напряженно-деформированное состояние элементов столярно-строительных конструкций на основе имитационного моделирования / А.С. Пардаев // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 193–195.
4. Рапинчук Д.Л. Оценка прочности и жесткости клееных брусьев для деревянного домостроения методом испытаний и моделирования нагружения / Д.Л. Рапинчук, А.С. Пардаев, О.К. Леонович // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 184–187.

В.В. Раповец, Н.В. Бурносов
БГТУ, Минск, Республика Беларусь

**ЗАВИСИМОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ ОТ ПАРАМЕТРОВ
ДВУХЛЕЗВИЙНЫХ НОЖЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ
НА ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКАХ
(DEPENDENCE OF THE GEOMETRICAL SIZES TECHNOLOGICAL
CHIPS FROM PARAMETRES MULTIBLADE KNIFES AT WOOD PROC-
ESSING ON CHIPPER CANTER MACHINE TOOLS)**

В статье проведен анализ графических зависимостей длины скошенной части технологической щепы, угла среза торца технологической щепы от величины смещения оси бревна по отношению к оси вращения фрезы.

The analysis of graphic dependences length beveled portion chipping, cutting angle end chipping on the displacement axis of the log to the axis rotation the cutter.

Комплексное использование сырья в лесопильной промышленности охватывает ряд вопросов, куда входят оптимизация раскроя сырья, снижение энергоемкости процесса обработки, улучшение условий базирования пиломатериала [1], определение и внедрение в практику средств и методов использования отходов лесопиления, создание технологических процессов, исключающих или снижающих количество отходов при повышении (обеспечении) качества получаемой пилопродукции [2].

Существенный вклад в решение данной проблемы вносит комплексная обработка древесины фрезерованием [3], получившая широкое распространение не только в Республике Беларусь, но и в странах ближнего и дальнего зарубежья. Реализуется она посредством применения дорогостоящего энергоемкого агрегатного оборудования в основном зарубежного производства: фрезерно-брусующих станков (ФБС) и линий на их основе.

На фрезерно-брусующих станках наиболее эффективна агрегатная обработка древесины диаметром 8–18 см с получением бруса и технологической щепы. Но опыт эксплуатации современных ФБС в Республике Беларусь и за рубежом показывает, что на

данных станках в зависимости от технологии производства продукции обрабатываются бревна с вершинным диаметром свыше 18 см. Использование ФБС играет немаловажную роль для Республики Беларусь.

Изучение особенностей формообразования пилопродукции и технологической щепы позволило определить факторы, оказывающие влияние на качество получаемой продукции. В наибольшей степени они определяются геометрией режущего инструмента фрезерно-брусующих станков.

Фрезерно-брусующие станки оснащаются специальным режущим инструментом – фрезами со спиральным расположением цельных двухлезвийных ножей.

Геометрические параметры двухлезвийных ножей со спиральным расположением в корпусе фрезы влияют на процесс получения бруса и технологической щепы на фрезерно-брусующих станках, определяя качество получаемой продукции, энергетические затраты на процесс переработки древесины, а также эксплуатационные расходы на режущий инструмент.

Геометрические параметры двухлезвийных ножей со спиральным расположением в корпусе фрезы влияют на процесс получения бруса и технологической щепы на фрезерно-брусующих станках, определяя качество получаемой продукции, энергетические затраты на процесс переработки древесины, а также эксплуатационные расходы на режущий инструмент.

Рассмотрим условия работы каждого двухлезвийного ножа со спиральным их расположением на фрезе. На схеме, представленной на рисунке 1, каждый двухлезвийный нож фрезы снимает определенный слой древесины.

На рисунке 1 изображено перерабатываемое бревно диаметром D в трех проекциях, которое движется со скоростью подачи V_s (м/мин) между правой фрезой I (по ходу движения бревна) и левой фрезой II, вращающимися с частотой n (мин⁻¹) вокруг горизонтальной оси O . Ось бревна может быть смещена на величину a выше ($a > 0$), либо ниже ($a < 0$) оси вращения фрез или они могут совпадать ($a = 0$) (в зависимости от диаметра перерабатываемого бревна). На рисунке 1 показан случай, когда ось бревна расположена выше оси вращения фрез. Ножи одной спирали пронумерованы индексом i ($i = 1, 2, \dots, N$) так, что нож с номером 1 каждой фрезы формирует брус заданной высоты h . Первые три двухлезвийные ножи ($i = 1, 2, 3$) радиусами R_1, R_2, R_3 каждой спирали срезают с каждой стороны бревна последовательно по три слоя так, что образуется брус высотой h и шириной пласти b . Ножи на правой и левой фрезях имеют прямое короткое лезвие длиной l_k , расположенное по отношению к длинному под углом φ . Угол среза торца щепы $\varphi_{щ}$ в общем случае не равен углу наклона короткого лезвия ножа φ . Длинное лезвие ножа l_d , осуществляя разрез длиной l_d , формирует элементы технологической щепы по толщине $S_{щ}$, а короткое l_k – по длине щепы $l_{щ}$.

На горизонтальной проекции бревна показана форма поперечных сечений щепы на уровне AO , на фронтальной – на уровне входа ножа в древесину на высоте $(a + b_i/2)$ от оси фрез, а на профильной – показана форма режущих кромок ножей. При срезании слоев древесины они разрушаются на отдельные элементы неопределенной ширины, но с постоянной площадью поперечного сечения.

При заданных значениях скорости подачи V_s (м/мин), частоты вращения фрез n (мин⁻¹) и количестве ножей z , участвующих в срезании одного слоя древесины, длина щепы $l_{щ}$ (мм) по направлению волокон древесины определяется по выражению:

$$l_{щ} = \frac{1000V_s}{zn} . \quad (1)$$

Длина l_d (мм) длинного лезвия ножа определяется из условия гарантированного срезания элемента технологической щепы длиной 25 мм, т.е. длина длинного лезвия

ножа должна быть больше длины $l_{щ}$ (мм) технологической щепы на величину запаса около 2 мм, т. е.:

$$l_d = l_{щ} + 2 \quad (2)$$

Такое конструктивное увеличение длины лезвий ножа на 2 мм необходимо для компенсации возможной неточности расположения двухлезвийных ножей по радиусам R_1, R_2, \dots, R_i при установке их в корпуса фрез.

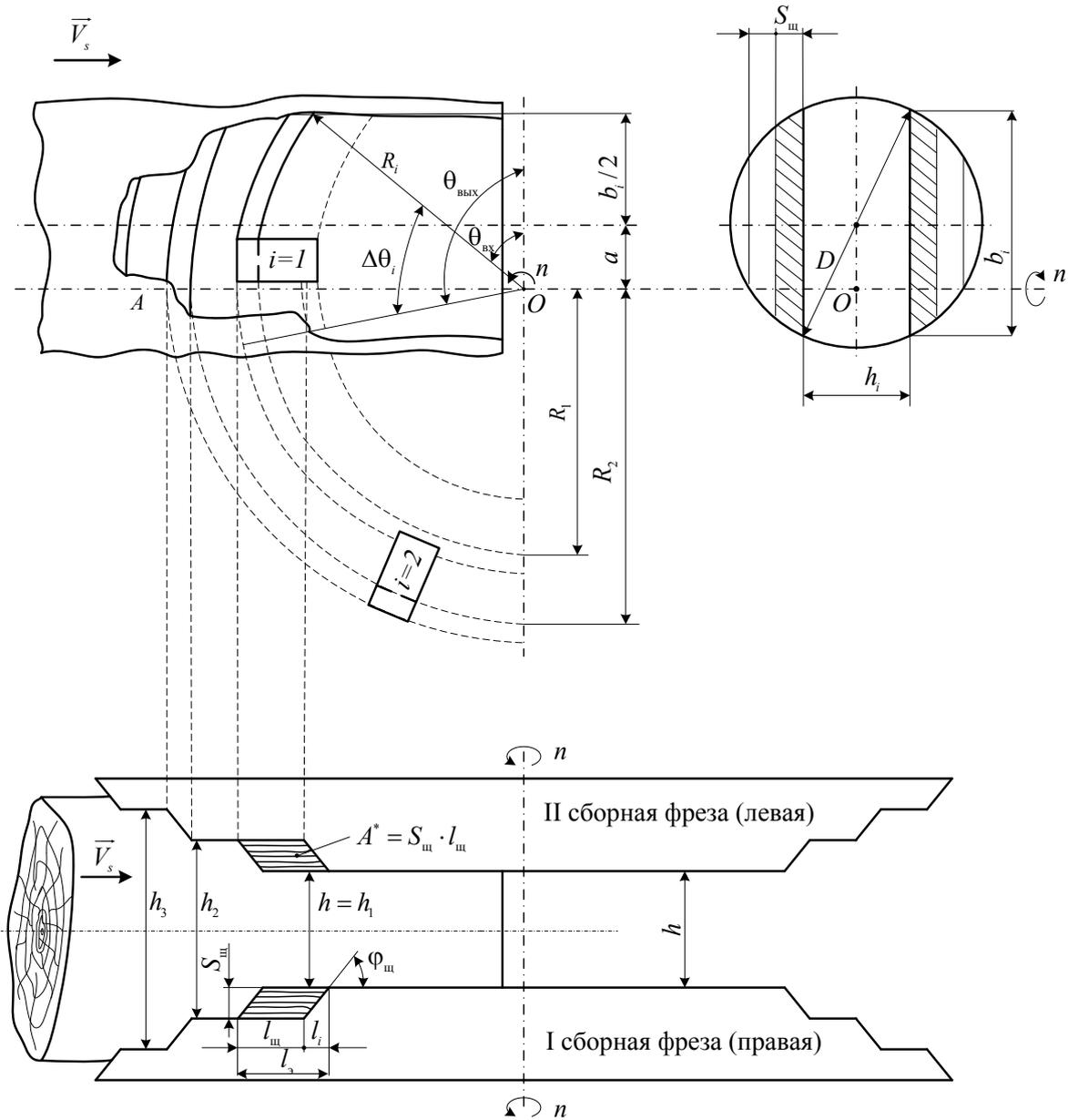


Рис. 1. Формообразования пилопродукции и технологической щепы фрезами со спиральным расположением двухлезвийных ножей

Длина элемента l_3 (мм) технологической щепы (рис. 1) представляет собой сумму длины щепы $l_{щ}$ и проекции ее скошенной части l_i и определяется по следующей формуле:

$$l_{3,i} = l_{щ} + l_i = l_{щ} + \sqrt{R_i^2 - (a + \frac{b_i}{2})^2} - \sqrt{(R_i - \frac{S_{щ}}{tg\varphi})^2 - (a + \frac{b_i}{2})^2}, \quad i = 1, 2, \dots, \quad (3)$$

где l_i – проекция скошенной части элемента щепы, мм, φ – угол наклона короткого лезвия ножа по отношению к длинному лезвию, град.

Из выражения (3) видно, что длина элемента l_3 технологической щепы изменяется только за счет проекции l_i скошенной ее части, поскольку длина $l_{щ}$ технологической щепы – величина постоянная (т. е. 25 мм). Таким образом, исследуем полученную проекцию l_i скошенной части щепы выражения (3) на экстремум. Запишем проекцию l_i скошенной части технологической щепы отдельно:

$$l_i = \sqrt{R_i^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2} - \sqrt{\left(R_i - \frac{S_{\text{м}}}{\text{tg}\varphi}\right)^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2}. \quad (4)$$

Будем рассматривать параметр a в качестве независимой переменной и исследуем функцию (4) на экстремум для каждого из ножей спирали ($b_i = \text{const}$).

Определяем частную производную от l_i по параметру a :

$$\frac{\partial l_i}{\partial a} = \frac{2a + b_i}{2\sqrt{\left(R_i - \frac{S_{\text{м}}}{\text{tg}\varphi}\right)^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2}} - \frac{2a + b_i}{2\sqrt{R_i^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2}}.$$

Преобразуем полученное выражение и представим в виде:

$$\frac{\partial l_i}{\partial a} = (2a + b_i) \left(\frac{1}{2\sqrt{\left(R_i - \frac{S_{\text{м}}}{\text{tg}\varphi}\right)^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2}} - \frac{1}{2\sqrt{R_i^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2}} \right). \quad (5)$$

Из условия экстремума $\frac{\partial l_i}{\partial a} = 0$ получим:

$$(2a + b_i) \left(\frac{1}{2\sqrt{\left(R_i - \frac{S_{\text{м}}}{\text{tg}\varphi}\right)^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2}} - \frac{1}{2\sqrt{R_i^2 - \left(a + \frac{b_i}{2}\right)^2}} \right) = 0.$$

Это уравнение выполняется при $(2a + b_i) = 0$, тогда $a = -\frac{b_i}{2}$.

Числовое значение $a < 0$, это означает, что ось бревна расположена ниже оси вращения фрез и при этом функция (4) принимает экстремальное значение.

Определяем частную производную второго порядка функции (4):

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 l_i}{\partial a^2} = & \frac{(2a + b_i)^2}{4 \left(\left(R_i - \frac{S_{\text{м}}}{\text{tg}\varphi} \right)^2 - \left(a + \frac{b_i}{2} \right)^2 \right)^{\frac{3}{2}}} - \frac{(2a + b_i)^2}{4 \left(R_i^2 - \left(a + \frac{b_i}{2} \right)^2 \right)^{\frac{3}{2}}} + \\ & + \frac{1}{\sqrt{\left(R_i - \frac{S_{\text{м}}}{\text{tg}\varphi} \right)^2 - \left(a + \frac{b_i}{2} \right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{R_i^2 - \left(a + \frac{b_i}{2} \right)^2}}. \end{aligned} \quad (6)$$

Поскольку $R_i > \left(R_i - \frac{S_{\text{м}}}{\text{tg}\varphi} \right)$ при $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$, то подставив значение переменной $a = -\frac{b_i}{2}$

в выражение (6), получим: $\frac{\partial^2 l_i}{\partial a^2} = \frac{1}{R_i - \frac{S_{\text{м}}}{\text{tg}\varphi}} - \frac{1}{R_i} > 0$.

Следовательно, функция (4) принимает минимальное значение при $a = -\frac{b_i}{2}$.

Аналогичные результаты получаются и при исследовании l_i на экстремум по отношению к переменной b_i $\left(\frac{\partial l_i}{\partial b_i} = 0\right)$.

Определим предельные значения величин a и b_i . Диапазоны изменения величин a и b_i , входящих в зависимость (4), находим исходя из технических характеристик фрезерно-брусующих станков PSP 500 (SAB, Германия) (рис. 2).

В процессе работы фрезерно-брусующего станка ось вращения O_ϕ фрезы 1 не изменяет своего положения в вертикальной плоскости и находится на расстоянии 200 мм от поверхности опоры 2, по которой базируются для обработки бревна 3 и 4 в диапазоне диаметров от $d_{б, \min} = 80$ мм до $d_{б, \max} = 500$ мм.

На рисунке 2 не показана правая фреза 1, симметрично расположенная относительно опоры 2. Оси бревен ($O_{б, \min}$, $O_{б, \max}$) могут смещаться на величину a выше оси вращения O_ϕ фрез 1 ($a > 0$), ниже ($a < 0$) или совпадать ($a = 0$) с осью вращения фрез в зависимости от диаметра перерабатываемого бревна.

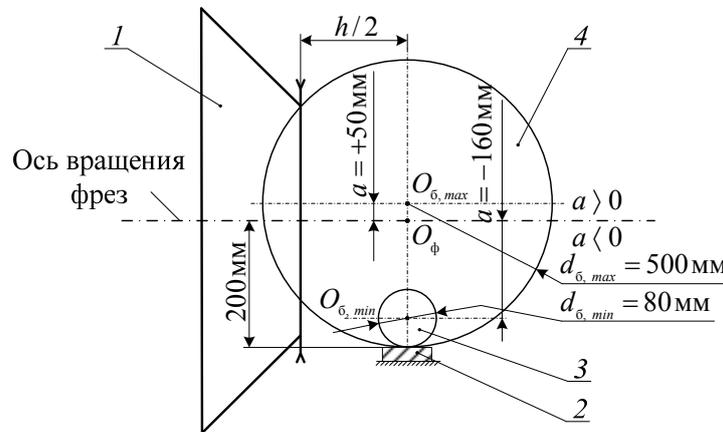


Рис. 2. Схема обработки бревен на фрезерно-брусующем станке:
1 – левая фреза с двухлезвийными ножами, 2 – опора,
3 – бревно минимального диаметра, 4 – бревно максимального диаметра

Расстояние от оси вращения O_ϕ фрезы 1 до оси бревна 3 минимального диаметра составляет $a = -160$ мм, расстояние от оси вращения O_ϕ фрезы 1 до оси бревна 4 максимального диаметра составляет $a = +50$ мм. Радиус резания R_1 первым двухлезвийным ножом фрезы 1, близлежащим к поверхности пласти бруса, составляет 225 мм. Двухлезвийные ножи на фрезе срезают слои древесины толщиной $S_{щ} = 5$ мм, угол наклона лезвий ножа $\varphi = 45^\circ$. Если ширина пласти бруса $b_{i \min} = 0$ мм (т.е. резание не осуществляется и двухлезвийный нож пластъ древесины не формирует); $b_{i \max} = 0,7d_{б \max} = 350$ мм. Построим график зависимости l от a в заданных диапазонах изменения переменной величины b_i ($0 \leq b_i \leq 350$ мм).

В качестве примера на рис. 3 представлено пять графиков зависимости длины l_i от a в интервале от $-160 < a < +50$ мм при разных значениях b_1 ($0 \leq a \leq 350$ мм). Из рисунка 3 видно, что минимальная длина скошенной части технологической щепы не превышает $l_{\min} = 5$ мм. Наибольшее значение длины скошенной части технологической щепы в данном диапазоне изменения переменных величин a и b_i равно 47,17 мм для $b_1 = 350$ мм и $a = 50$ мм.

Из формулы (3) следует, что длина скошенной части элемента технологической щепы зависит от толщины $S_{щ}$ получаемой щепы и угла φ наклона короткого лезвия ножа по отношению к длинному лезвию. Расчет по выражению (3) с учетом $l_{щ} = 25$ мм показывает, что отношение $l_{э, \max} / l_{э, \min}$ достигает 2,41.

Для компенсации возможной неточности расположения двухлезвийных ножей на окружностях по радиусам R_1, R_2, \dots, R_i при установке их в корпуса фрез со смещением друг относительно друга на толщину $S_{щ}$ щепы длина короткого лезвия ножа должна быть увеличена приблизительно на 2 мм. Тогда, мм:

$$l_k = \frac{S_{щ}}{\sin \varphi_{щ}} + 2. \quad (7)$$

Качество поверхности среза торцов технологической щепы (поврежденность щепы), зависит от угла $\varphi_{щ}$, поэтому проанализируем зависимость $\varphi_{щ}$ от a при заданном значении b_i .

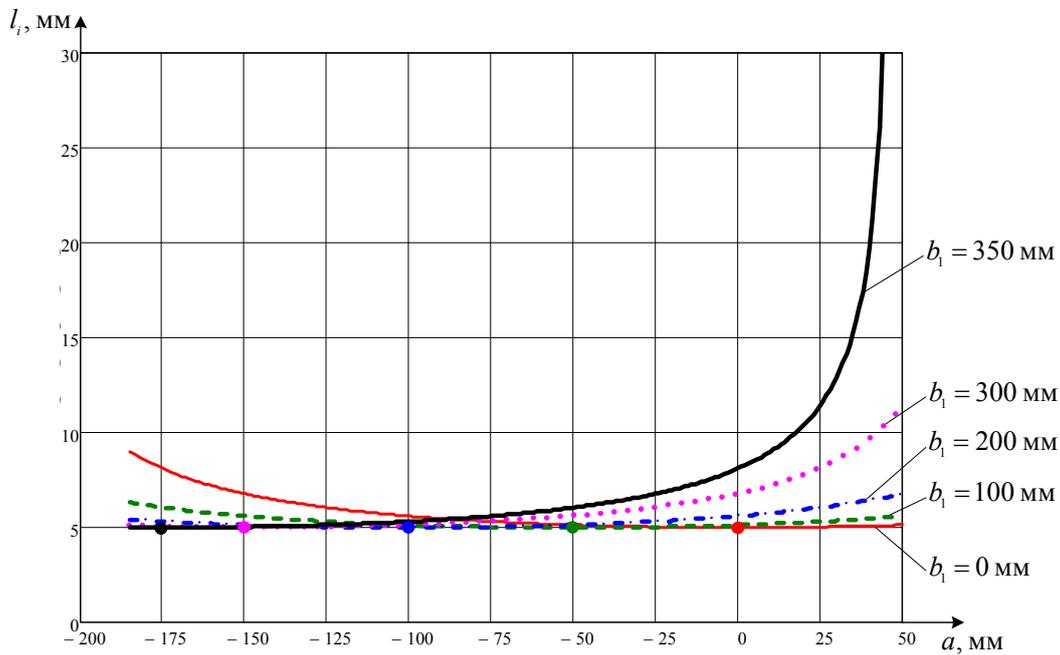


Рис. 3. Графики зависимости длины l_i скошенной части технологической щепы от величины a смещения оси бревна по отношению к оси вращения фрезы (● – минимумы зависимости l_i от a при разных b_1)

Тангенс угла $\varphi_{щ}$ среза торца технологической щепы (см. рис. 1) при заданном значении толщины $S_{щ}$ обратно пропорционален длине l_i скошенной части щепы. Учитывая формулу (4), получим:

$$\operatorname{tg} \varphi_{щ} = \frac{S_{щ}}{l_i} = \frac{S_{щ}}{\sqrt{R_i^2 - (a + \frac{b_i}{2})^2} - \sqrt{(R_i - \frac{S_{щ}}{\operatorname{tg} \varphi})^2 - (a + \frac{b_i}{2})^2}}. \quad (8)$$

На рис. 4 изображены графики зависимости $\varphi_{щ}$ от a в заданных диапазонах изменения переменной величины b_i ($0 \leq b_i \leq 350$ мм).

В качестве примера на рисунке 4 представлено пять графиков зависимости $\varphi_{щ}$ от a в интервале от $-160 < a < +50$ мм при разных значениях b_1 ($0 \leq a \leq 350$ мм).

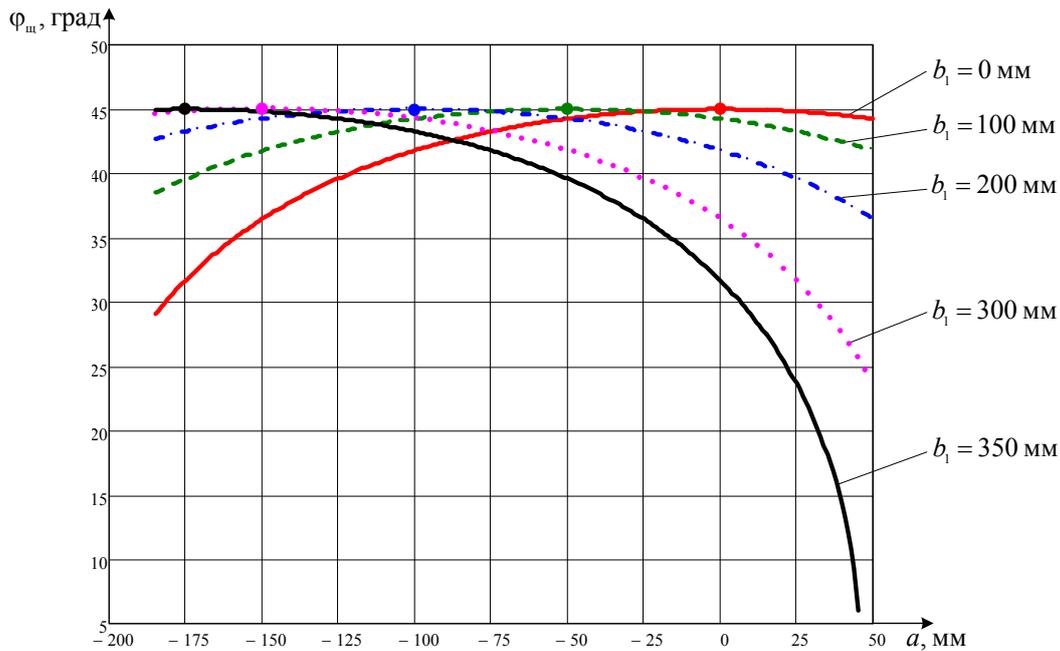


Рис. 4. Графики зависимости угла $\varphi_{щ}$ среза торца технологической щепы от величины a смещения оси бревна по отношению к оси вращения фрезы

Из рис. 4 видно, что для $b_1 = 350$ мм угол среза торца технологической щепы имеет наименьшее значение $\varphi_{щ} = 6^\circ$ при расположении оси обрабатываемого бревна выше оси вращения фрез на величину $a = 45$ мм, а максимальный угол среза $\varphi_{щ \max} = 45^\circ$ достигается для всех b_i при $a = -b_i/2$ (как это и должно быть, так как при $a = -b_i/2$ длина l_i принимает минимальное значение).

Представленные аналитические зависимости (1)–(8) устанавливают связь параметров технологической щепы и двухлезвийного ножа (длины, толщины, угла перерезания волокон). Они влияют на производительность процесса обработки древесины фрезами со спиральным расположением ножей, а также на качественные показатели получаемой продукции и поэтому их необходимо учитывать при расчетах режимов резания и проектировании фрез. Следует отметить, что представленные аналитические зависимости не учитывают угол заострения длинного и короткого лезвий ножа (β_d, β_k) и задний угол (α).

Библиографический список

1. Фефилов Л.А. Исследование условий базирования в подающей системе лесопильных рам: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / Л.А. Фефилов; Центр. науч.-иссл. ин-т механ. обраб. древесины. – Архангельск, 1980. – 22 с.
2. Таратин В.В. К проблеме комплексного использования пиловочного сырья с применением фрезернопильного оборудования / В.В. Таратин // Проблемы лесн. комплекса России в переходный период развития экономики: материалы Всерос. науч.-техн. конф. / Волог. гос. техн. ун-т. – Вологда, 2003. – С. 108–110.
3. Лурье Л.З. Агрегатные методы выработки пиломатериалов: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.21.05 / Л.З. Лурье; Моск. лесо-техн. ин-т. – М., 1978. – 42 с.

О.А. Рублева
ФГБОУ ВПО «ВятГУ», Киров, РФ
ru_olga_ru@mail.ru

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ШИПОВОГО СОЕДИНЕНИЯ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ МЕТОДОМ
(QUALITY ESTIMATION OF FINGER JOINTS
BY DIFFERENTIAL METHOD)**

Разработана система показателей для оценки качества шипов. Предложены модели для расчета уровня качества шиповых соединений.

The system of factors for thorns quality rating is developed. Models for calculating the quality of quality of finger joints are proposed.

Технология местного торцевого прессования позволяет формировать прямоугольные шипы высокого качества в заготовках из древесины [1]. Шипы могут различаться по размерам: длине, толщине, шагу. При выборе соединения из ряда альтернативных вариантов с целью применения в изделии определенного назначения возникает задача оценки уровня качества получаемых шипов [2–4].

Существуют государственные стандарты, стандарты организаций и другая нормативная документация на соединения по длине и изделия с их применением [5–19]. Эти документы позволяют оценить отдельные показатели качества шиповых соединений.

Квалиметрические методы [2–4] позволяют дать относительную характеристику качества соединений по совокупности показателей. Для оценки уровня качества продукции используются дифференциальный, комплексный и смешанный методы.

Дифференциальный метод состоит в оценке уровня качества соединения по отдельным показателям путем сопоставления с соответствующими показателями базового образца. За базовый образец принимается лучшее из известных соединений по длине. При этом можно определить, насколько качество оцениваемого соединения соответствует качеству базового образца; какие показатели свойств соответствуют или не соответствуют показателям свойств базового образца и как от них отличаются. Учитываются наиболее значимые свойства шипового соединения, условно считаясь равнозначными. Дифференциальный метод позволит количественно оценить и принять решения по отдельным свойствам соединения без учета весомости каждого показателя. Он может быть использован на первом, предварительном этапе оценки уровня качества соединения, при определении соответствия требованиям стандартов и практике применения шиповых соединений.

Комплексный метод может быть применен на втором этапе с целью более точной оценки качества соединения. Он позволяет учитывать совокупность свойств соединения с учетом их весомости, которая в зависимости от целей оценки может определяться разными методами. Комплексный метод может быть применен при внедрении соединения в производство конкретного изделия.

В случае оценки продукции, имеющей широкую номенклатуру показателей качества, трудно сделать вывод с помощью дифференциального метода. В то же время использование только комплексного метода не позволяет объективно учесть все значимые свойства. В этом случае оценку уровня качества можно производить смешанным методом, использующим единичные и комплексные показатели качества. При этом

единичные показатели качества могут объединяться в группы (например, группа конструктивных показателей, группа эстетических показателей). Для каждой группы определяют комплексный показатель. При этом некоторые наиболее важные показатели могут не входить в группы, а использоваться как единичные (например, прочность соединения на растяжение, прочность на изгиб). Полученная совокупность комплексных и единичных показателей используется для оценки уровня качества дифференциальным методом.

В данной работе изложен способ сравнительной оценки уровня качества шиповых соединений, базирующийся на дифференциальном методе квалиметрии [2–4]. Он позволяет сравнить альтернативные варианты соединений с базовым образцом по единичным показателям качества и выявить лучшие варианты для дальнейшего исследования.

Для оценки качества альтернативных вариантов соединений необходимо решить следующие задачи: разработать номенклатуру показателей качества шипов; разработать методику оценки показателей качества шипов; выбрать модели для расчета уровня качества шиповых соединений. Эти задачи соответствуют типовым этапам оценки качества продукции (рис. 1).

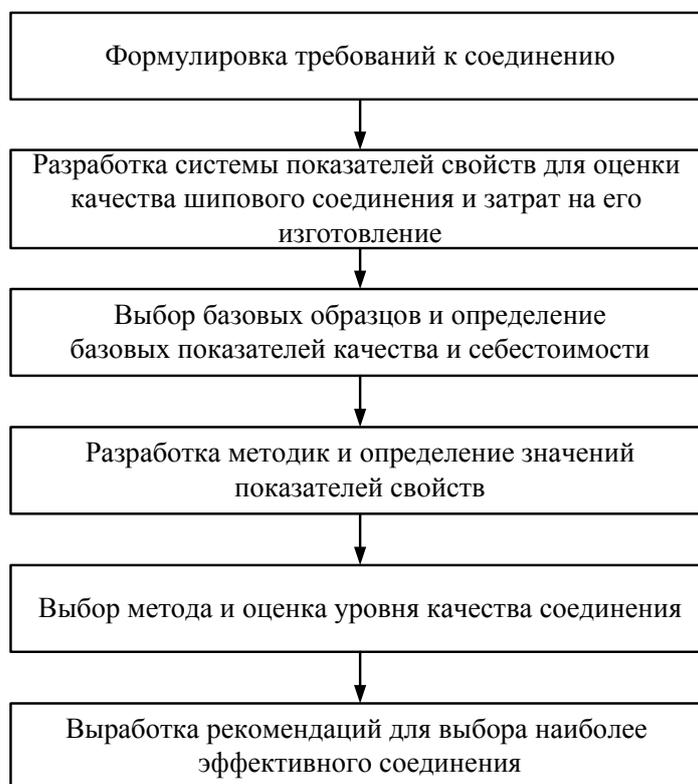


Рис. 1. Основные этапы оценки уровня качества шиповых соединений

Для выбора номенклатуры показателей качества шипового соединения по длине исследованы рекомендации, приведенные в источниках [2–19]: государственные стандарты, стандарты организаций и другая нормативная документация на соединения по длине и изделия с их применением; типовой перечень показателей качества продукции, номенклатура показателей качества для изделий с применением клеевых соединений, приведенная в государственных стандартах; а также результаты исследований в области качества клеевых соединений. В результате анализа научно-технических источников

и экспериментальных данных проведена классификация и сформирован перечень комплексных и единичных показателей качества шипового соединения по длине.

В перечень входят 10 типовых показателей первого уровня – показатели назначения; надежности; экономичного использования сырья, материалов, топлива и энергии; технологичности; безопасности; эргономические; экологические; эстетические, патентно-правовые, экономические. На втором уровне находятся 20 подгрупп типовых показателей, например, в группу показателей назначения включены показатели классификационные, функциональные, технической эффективности и другие. На третьем уровне выявлено 57 комплексных показателей, например, среди классификационных показателей – прочность склеивания, физико-механические характеристики древесины, геометрические размеры соединения. Четвертый уровень включает 117 единичных показателей, например комплексный показатель «прочность склеивания» можно оценить единичными показателями «предел прочности при растяжении», «предел прочности при статическом изгибе» и др.

В номенклатуру показателей для оценки качества соединения должны входить наиболее значимые показатели. В результате анализа приведенных в научно-технических источниках [1, 5–19] данных, необходимыми и признаны достаточными следующие единичные показатели качества шипового соединения: глубина деформированной зоны; изменение макроструктуры деформированной зоны; шероховатость граней проушины; твердость дна проушины; прочность соединения по длине на растяжение; прочность соединения по длине на изгиб. Модели для расчета показателей качества приведены в работе [1].

Проведем расчет уровня качества соединений заготовок по длине, применяемых при изготовлении мебельного щита, который предназначен для мелкосерийного изготовления дверной филенки. В качестве альтернативных вариантов для сращивания дефанок по длине в производстве клееного выбраны соединения: впритык на гладкую фугу (С1); на фрезерованные прямоугольные шипы (С2); на фрезерованные зубчатые шипы (С3); на прессованные прямоугольные шипы, видимые по пласти (С4); на прессованные прямоугольные шипы, невидимые по пласти, видимые по кромке (С5).

Результаты расчета показателей качества соединений С1–С5 по моделям [1] приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения показателей качества соединений

| Наименование показателя | Значения показателей качества | | | | |
|---|-------------------------------|-----|-----|--------|-----|
| | С1 | С2 | С3 | С4 | С5 |
| Предел прочности на изгиб $\sigma_{изгW}$, МПа | 4,8* | 53* | 52* | 50,31 | 58* |
| Предел прочности на растяжение σ_{rW} , МПа | 5,2* | 56* | 68* | 48,58 | 59* |
| Шероховатость поверхностей склеивания** $R_{m\ max}$, МКМ | 125 | 200 | 200 | 80 | 80 |
| Относительное увеличение твердости дна проушины HRL , % | 0 | 0 | 0 | 154,26 | 154 |
| Глубина деформированной зоны h_3 , % | 2 | 27 | 25 | 24,16 | 24 |
| Изменение макроструктуры*** М, баллов | 4,8 | 4,0 | 4,2 | 3,9 | 4,7 |
| Примечания: * по результатам испытаний опытных образцов (по ГОСТу 15613.4-78 и 15613.5-79); ** по результатам измерений (по ГОСТу 7016-82); *** по результатам экспертной оценки | | | | | |

С использованием рассчитанных показателей определяется уровень качества соединения по дифференциальному методу. Соотношения для вычисления уровня качества по дифференциальному методу приведены в работе [3]. Модель для оценки качества соединения по дифференциальному методу представлена на рис. 2.

В приведенных на рис. 2 формулах использованы следующие обозначения:

- Y_k – итоговый показатель качества соединения (уровень качества);
- n – количество показателей свойств;
- Y_i – относительный показатель i -го свойства оцениваемого и базового образцов соединений;
- P_{ioc} – значение i -го единичного показателя свойств соединения;
- P_{inp} – предельно допустимое значение показателя P_{ioc} (наибольшее или наименьшее регламентированное значение показателя продукции);
- P_{ibaz} – значение i -го показателя базового образца.

Для расчета уровня качества соединения необходимо определить базовые и предельные значения показателей качества соединения [3]. Они определяются с учетом требований предприятия, производящего клееную продукцию, и нормативных документов [5–19].

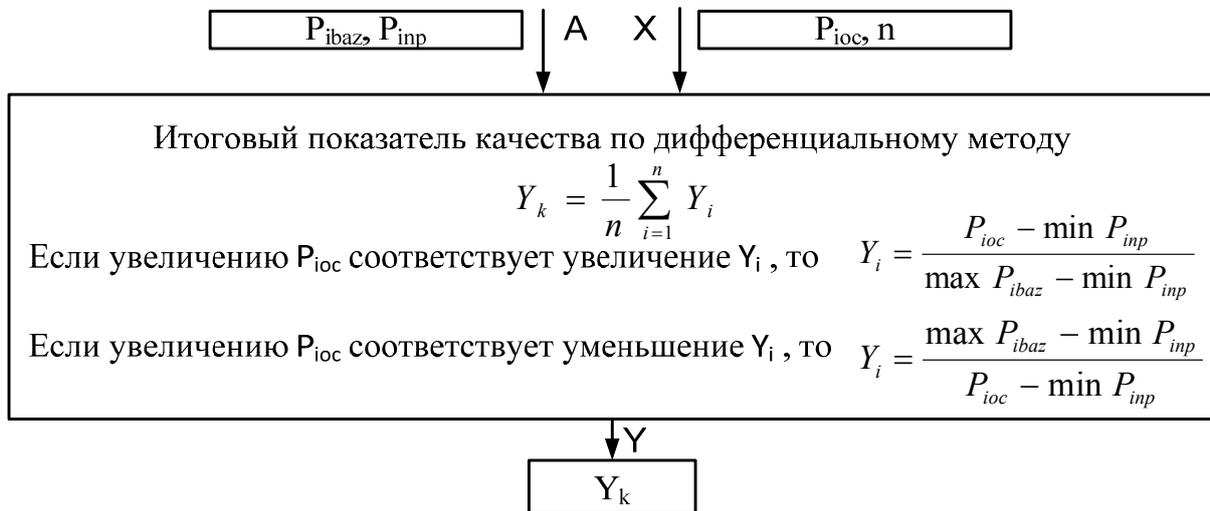


Рис. 2. Модель для расчета итогового показателя качества шипового соединения по дифференциальному методу

В качестве базовых приняты значения показателей качества наилучших образцов соединений по длине, используемых на практике – соединений на зубчатый мини-шип, полученный фрезерованием. В качестве предельных приняты наибольшие (наименьшие) регламентированные стандартами значения показателей.

Базовые, номинальные и предельные значения показателей качества соединений, а также результаты расчетов уровня качества по дифференциальному методу (в соответствии с моделью на рис. 2) приведены в табл. 2.

По результатам дифференциальной оценки качества (см. табл. 2) уровни качества альтернативных вариантов соединений составляют: для С1 $Y_{ka}=0,49$; для С2 $Y_{ka}=0,29$; для С3 $Y_{ka}=0,34$; для С4 $Y_{ka}=0,47$; для С5 $Y_{ka}=0,57$. На рис. 3 приведена лепестковая диаграмма качества.

Таблица 2

Значения показателей и уровня качества соединений

| Наименование показателя | Размерность | Базовое значение показателя P_{baz} | Предельное значение показателя P_{npr} | Расчет уровня качества Y_{ka} по дифференциальному методу | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|---------------------------------------|--|---|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| | | | | C1 | | C2 | | C3 | | C4 | | C5 | |
| | | | | Y_j | Y_{ka} | Y_j | Y_{ka} | Y_j | Y_{ka} | Y_j | Y_{ka} | Y_j | Y_{ka} |
| $\sigma_{иззW}$ | МПа | 92,39 | 20 | 0,21 | 0,49 | 0,46 | 0,29 | 0,44 | 0,34 | 0,42 | 0,47 | 0,52 | 0,57 |
| σ_{pW} | МПа | 111,22 | 26 | 0,24 | - | 0,35 | - | 0,49 | - | 0,26 | - | 0,39 | - |
| $R_{m\ max}$ | мкМ | 11,7 | 200 | 0,40 | - | 0,00 | - | 0,00 | - | 0,64 | - | 0,64 | - |
| HRL | Ед. тверд | 200 | 35 | 0,21 | - | 0,21 | - | 0,21 | - | 0,72 | - | 0,72 | - |
| h | % | 0 | 35 | 0,97 | - | 0,24 | - | 0,29 | - | 0,32 | - | 0,32 | - |
| M | Балл | 5 | 3 | 0,90 | - | 0,50 | - | 0,60 | - | 0,45 | - | 0,85 | - |

В результате анализа полученных показателей качества выявлено, что в целом показатели качества вариантов C2, C3, C4, C5 соответствуют требованиям, предъявляемым к соединениям по длине. Показатели прочности варианта C1 не соответствуют требованиям, предъявляемым к соединениям по длине (см. табл. 1 и 2). Следовательно, вариант C1 исключается из числа возможных альтернатив. Из оставшихся четырех вариантов по результатам дифференциальной оценки качества наилучшими являются C5, C4, C3.

Диаграмма качества (рис. 3) показывает, что уровни качества вариантов C5 и C4 не уступают уровню качества аналога C3, но отдельные показатели качества для этих вариантов имеют худшие значения: больше глубина деформированной зоны; ниже качество макроструктуры деформированной зоны (вместе с тем значения этих двух показателей являются удовлетворительными, и при отсутствии повышенных требований к внешнему виду соединения их применение возможно); меньшая прочность соединения на разрыв (однако прочность удовлетворяет требованиям ГОСТа).

Таким образом, по результатам дифференциальной оценки качества варианты C5 (соединение на прямоугольный шип, невидимый по пласти, видимый по кромке, изготавливаемое прессованием), C4 (соединение на прямоугольный шип, видимый по пласти, изготавливаемое прессованием), C3 (соединение на зубчатый шип, изготавливаемое фрезерованием) имеют достаточный уровень качества, но нельзя сделать вывод о преимуществе какого-либо одного вида соединения перед другим. В связи с этим для дальнейшей проработки принимаются эти три варианта.

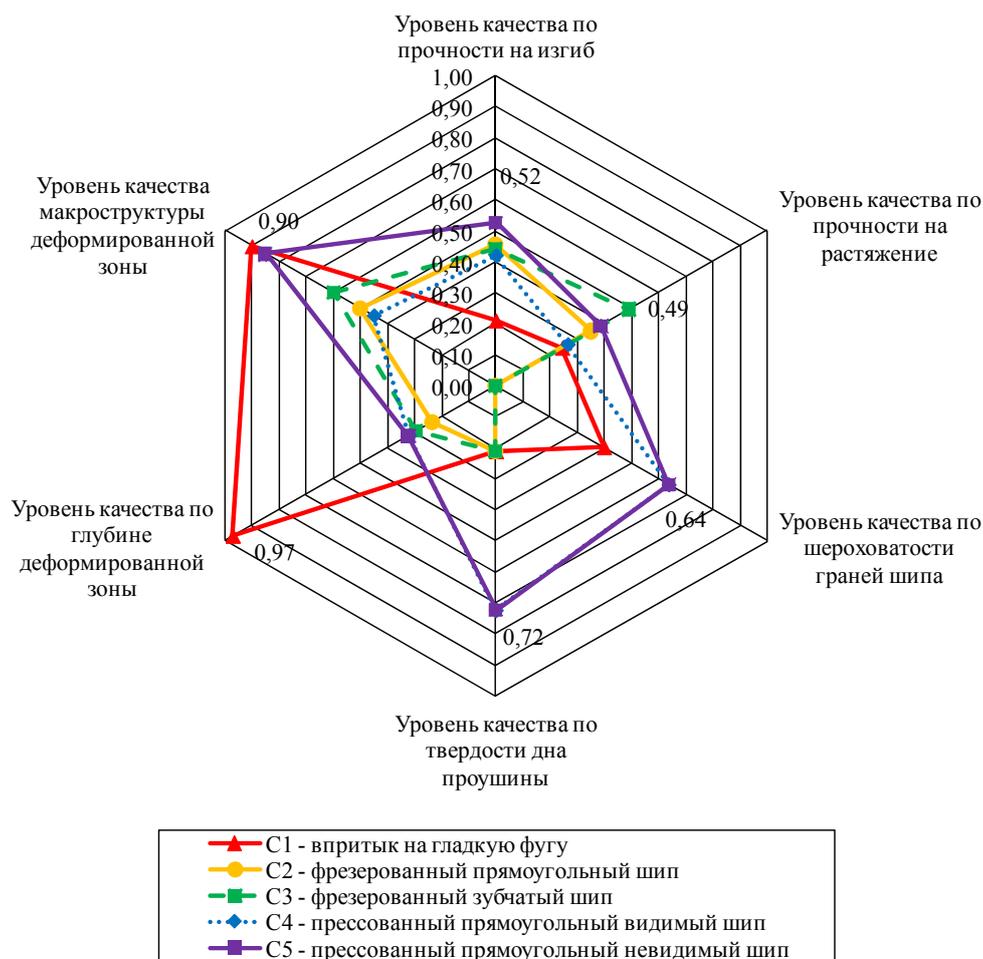


Рис. 3. Результаты дифференциальной оценки качества альтернативных вариантов соединений по длине

Таким образом, дифференциальный метод позволяет количественно оценить и принять решения по отдельным свойствам шиповых соединений, без учета весомости каждого показателя. Он может быть использован на первом, предварительном, этапе оценки уровня качества соединения относительно требований стандартов и практики применения шиповых соединений. Для более точной оценки качества соединения, на втором этапе исследования может быть применен комплексный или смешанный метод. Это позволит учесть совокупность свойств соединения с учетом их весомости и определить возможность использования соединения для изготовления конкретного изделия из древесины с учетом требований предприятия.

Библиографический список

1. Рублева О.А. Качество шипов, изготовленных холодным торцовым прессованием / О.А. Рублева, Г.П. Кузнецов // Лесной вестник. – М.: МГУЛ. – 2010. – Вып. 4. – С. 160–163.
2. ГОСТ 15467-79 (СТ СЭВ 3519-81). Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.
3. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции: учеб. пособие / В.К. Федюкин. – М.: Филинь, 2004. – 296 с.

4. Управление качеством продукции: справочник / под. ред. В.В. Бойцова, А.В. Гличева. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 464 с.
5. ГОСТ 4.208-79. Система показателей качества продукции. Строительство. Конструкции деревянные клееные. Номенклатура показателей.
6. ГОСТ 4.226-83. Система показателей качества продукции. Строительство. Окна, двери и ворота деревянные. Номенклатура показателей.
7. ГОСТ 20850-84. Конструкции деревянные клееные. Общие технические условия.
8. ГОСТ 4.223-83. Система показателей качества продукции Строительство. Изделия паркетные. Номенклатура показателей.
9. СНиП II-25-80. Строительные нормы и правила. Деревянные конструкции.
10. ГОСТ 475-78. Двери деревянные. Общие технические условия.
11. ГОСТ 23166-99. Блоки оконные. Общие технические условия.
12. ГОСТ 11047-90. Детали и изделия деревянные для малоэтажных жилых и общественных зданий. Технические условия.
13. Деревянные клееные и цельнодеревянные конструкции. Методы проектирования и расчета. Стандарт организации СТО 36554501-002-2006. — М.: ФГУП НИЦ «Строительство», 2006.
14. Деревянные клееные конструкции несущие. Общие технические требования. Стандарт организации СТО 36554501-003-2006. — М.: ФГУП НИЦ «Строительство», 2006.
15. Деревянные клееные конструкции. Методы испытаний клеевых соединений при изготовлении. Стандарт организации СТО 36554501-004-2006. — М.: ФГУП НИЦ «Строительство», 2006.
16. ГОСТ 15613.1-84. Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон.
17. ГОСТ 15613.5-79. Древесина клееная массивная. Метод определения предела прочности зубчатых клеевых соединений при растяжении.
18. ГОСТ 15613.4-78. Древесина клееная массивная. Метод определения предела прочности зубчатых клеевых соединений при статическом изгибе.
19. Руководство по изготовлению и контролю качества деревянных клееных конструкций / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1982. – 92 с.

О.Г. Рудак, В.Б. Снопков
БГТУ, Минск, РБ
pima.legno@inbox.ru

**ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ В ПЕРИОД
ПРОГРЕВА В НЕНАСЫЩЕННОЙ СРЕДЕ**
(CHANGE OF THERMAL PROPERTIES OF WOOD DURING HEATING IN
AN UNSATURATED ENVIRONMENT)

Получены зависимости изменения температуры на поверхности и внутри древесины во времени. Определены закономерности изменения тепловых коэффициентов древесины во времени при прогреве.

Dependences of change of temperature on a surface and in wood in time are received. Regularities of change of thermal factors of wood in time are defined at heating up.

Первой технологической операцией процесса сушки пиломатериалов является начальный прогрев, который проводится с целью доведения температуры высушиваемого материала до уровня температуры сушильного агента.

В современных сушильных камерах операцию прогрева проводят при степени насыщенности обрабатывающей среды меньше 1, т. е. в ненасыщенной среде. В таких условиях прогрев древесины сопровождается испарением влаги с ее поверхности и, как следствие, уровнем температуры поверхностных слоев меньше температуры обрабатывающей среды. Данный факт можно объяснить тем, что при прогреве в ненасыщенной среде в древесине возникают два совместно протекающих процесса явления переноса тепла: теплопроводность, направленная от поверхностных слоев сортамента к внутренним, и влагопроводность во встречном направлении. Таким образом, при начальном прогреве будут изменяться как температура, так и влажность древесины, что повлечет за собой изменение и других физических свойств древесины. В этой связи исследования, направленные на измерение текущих значений теплоемкости, теплопроводности и температуропроводности, представляют несомненный практический интерес.

Существующие методы исследования тепловых свойств древесины дают возможность их определения лишь в определенных стационарных условиях, т. е. в условиях, когда тепловой поток, проходящий через древесину, сохраняется постоянным во времени. Начальный прогрев древесины относится к нестационарным процессам, поскольку имеет место изменяющаяся во времени и по сечению температура самого сортамента и температура агента обработки, поэтому авторами был применен метод исследования, основанный на способе комплексного определения теплофизических характеристик при теплообмене тел в среде с линейно изменяющейся температурой. Один из способов комплексного определения теплофизических характеристик в режиме линейного нагрева состоит в использовании системы тел, одно из которых имеет известные теплофизические свойства. Этот метод был впервые реализован Е.П. Шурыгиной [1].

Целью настоящей работы было определение характера изменения тепловых свойств древесины во времени в период начального прогрева, а также определение скорости изменения температуры на поверхности и внутри древесины.

Принципиальная схема экспериментальной установки тепловых свойств древесины в период начального прогрева в ненасыщенной среде представлена на рис. 1.

Пластина из древесины сосны толщиной $2l_1$ соприкасается с двумя стальными пластинами, каждая из которых имеет толщину l_2 . Теплофизические свойства крайних пластин тождественны, но отличны от свойств средней пластины.

Для определения температуры внутри и на поверхности древесины применяли измерительную систему, имеющую четыре температурных датчика DS18S20. На металлическую пластину, поверхность которой контактирует с воздухом, устанавливается термодатчик T_1 , а на поверхность, граничащую с древесиной, – термодатчик T_2 . На глубине, соответствующей половине толщины образца из древесины располагается термодатчик T_3 , а на поверхности древесины, соприкасающейся с другой металлической пластиной – термодатчик T_4 . Все датчики были изолированы пастой КПП-8 во избежание влияния обрабатывающего агента на результаты измерений. Начальная температура всех элементов системы была одинаковой и равной температуре окружающей среды $t_0 = 15\text{--}20\text{ }^\circ\text{C}$.

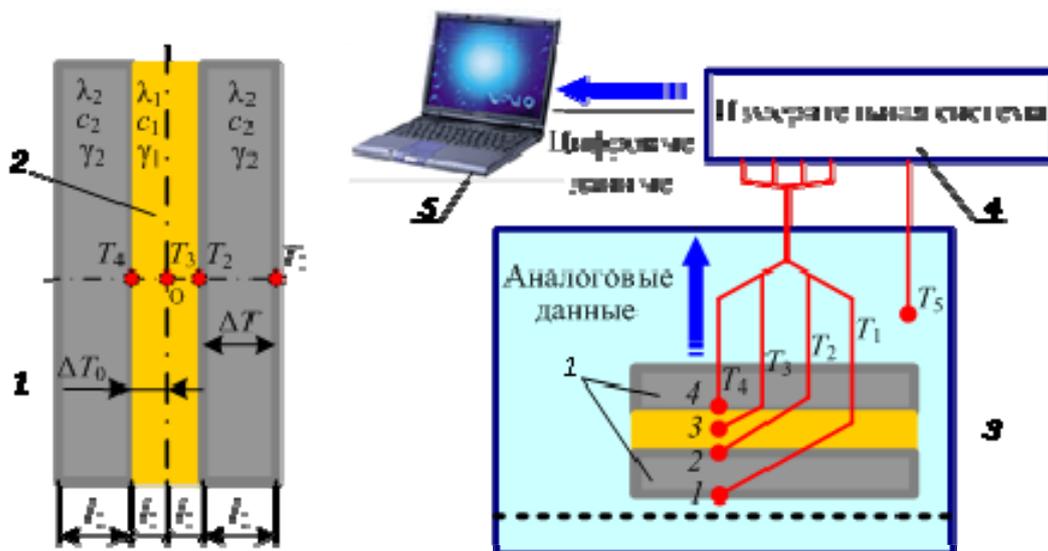


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки:
 1 – металлические пластины (сталь 20); 2 – образец из древесины сосны;
 3 – термошкаф; 4 – измерительная система; 5 – компьютер

Для обеспечения нагрева образца древесины вышеописанную систему пластин помещали в термошкаф (рис. 2, б). Температуру обрабатывающего воздуха контролировали с помощью термодатчика T_5 . Показания всех датчиков фиксировали с точностью $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ с периодичностью 5 минут в начале и 20 минут в конце процесса прогрева. Прогрев проводили до тех пор, пока разница температур между поверхностью и внутренним содержанием древесины не составляла $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Влажность образцов определяли с помощью влагомера марки GANN HT 85. Условия проведения экспериментальных исследований и характеристика образцов из древесины и металлических пластин представлена в табл. 1 и 2 соответственно.



а

б

Рис. 2. Общий вид измерительной системы:
 а – система пластин; б – измерительная установка

Таблица 1

Условия проведения эксперимента (древесина – сосна)

| Характеристика экспериментальных образцов сосны | | | | Влажность $W, \%$ | Направление волокон | Температура прогрева $t, ^\circ\text{C}$ |
|---|--------|-------|--------|----------------------|------------------------|---|
| Размеры, мм | | | | | | |
| Толщина | Ширина | Длина | | | | |
| 20 | 100 | 200 | 30, 53 | | Рад. | 40 |
| 20 | 100 | 200 | | | Танген. | |
| 40 | 100 | 200 | | | Рад. | |
| 40 | 100 | 200 | | | Танген. | |
| 20 | 100 | 200 | 30, 53 | | Рад. | 60 |
| 20 | 100 | 200 | | | Танген. | |
| 40 | 100 | 200 | | | Рад. | |
| 40 | 100 | 200 | | | Танген. | |
| 20 | 100 | 200 | 30, 53 | | Рад. | 80 |
| 20 | 100 | 200 | | | Танген. | |
| 40 | 100 | 200 | | | Рад. | |
| 40 | 100 | 200 | | | Танген. | |

Таблица 2

Характеристика металлических пластин

| Материал | Размеры, мм | | | Плотность $\gamma,$ $\text{кг}/\text{м}^3$ | Кэф. теплопроводн. $\lambda, \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ | Удельная теплоем- кость $c,$ $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot$ $^\circ\text{C})$ |
|----------|-------------|--------|-------|--|---|--|
| | Толщ. | Ширина | Длина | | | |
| Сталь 20 | 20 | 100 | 200 | 7853 при 40 $^\circ\text{C}$, 7847 при 60 $^\circ\text{C}$ | 51,65 при 40 $^\circ\text{C}$ 51,2 при 60 $^\circ\text{C}$ | 0,486 |

Описанная экспериментальная установка позволяет определить в любой вы-
бранный момент времени перепады температур по толщине металлических пластин
 $\Delta T = T_1(l_1, \tau) - T_2(0, \tau)$ и образца из древесины $\Delta T_0 = T_4(l_1 + l_2, \tau) - T_3(l_1, \tau)$. Используя ре-
зультаты измерений, по нижеприведенным формулам можно рассчитать тепловые ха-
рактеристики древесины и установить характер их изменения во времени.

$$a_1 = \frac{bl_1^2}{2\Delta T_0}, \quad c_1\gamma_1 = K_{c\lambda} \frac{\Delta T}{b} - h, \text{ где}$$

$$K_{c\lambda} = \frac{\lambda_2 10^{-2}}{l_1 l_2}, \quad h = \frac{c_2 \gamma_2 l_2}{2l_1},$$

$$\lambda_1 = \frac{l_1^2}{2\Delta T_0} (K_{c\lambda} \Delta T - bh),$$

где b – скорость нагревания поверхности металлических пластин, $^\circ\text{C}/\text{ч}$; $\lambda_1,$
 λ_2 – коэффициент теплопроводности металла и древесины соответственно, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;
 a_1 – коэффициент температуропроводности древесины, $\text{м}^2/\text{с}$;
 c_1, c_2 – удельная теплоемкость металла и древесины, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;
 γ_1, γ_2 – плотность металла и древесины, $\text{кг}/\text{м}^3$ [1].

В ходе проведенных экспериментальных исследований был определен характер
изменения температуры поверхностных и внутренних слоев древесины во времени.

На рис. 3 приведены графические зависимости, полученные для образцов из древесины сосны толщиной 40 мм, начальной влажностью $W_{\text{нач}} = 30\%$, прогреваемых при температуре среды $t_c = 40, 60$ и $80\text{ }^\circ\text{C}$. Нагрев осуществлялся в радиальном направлении.

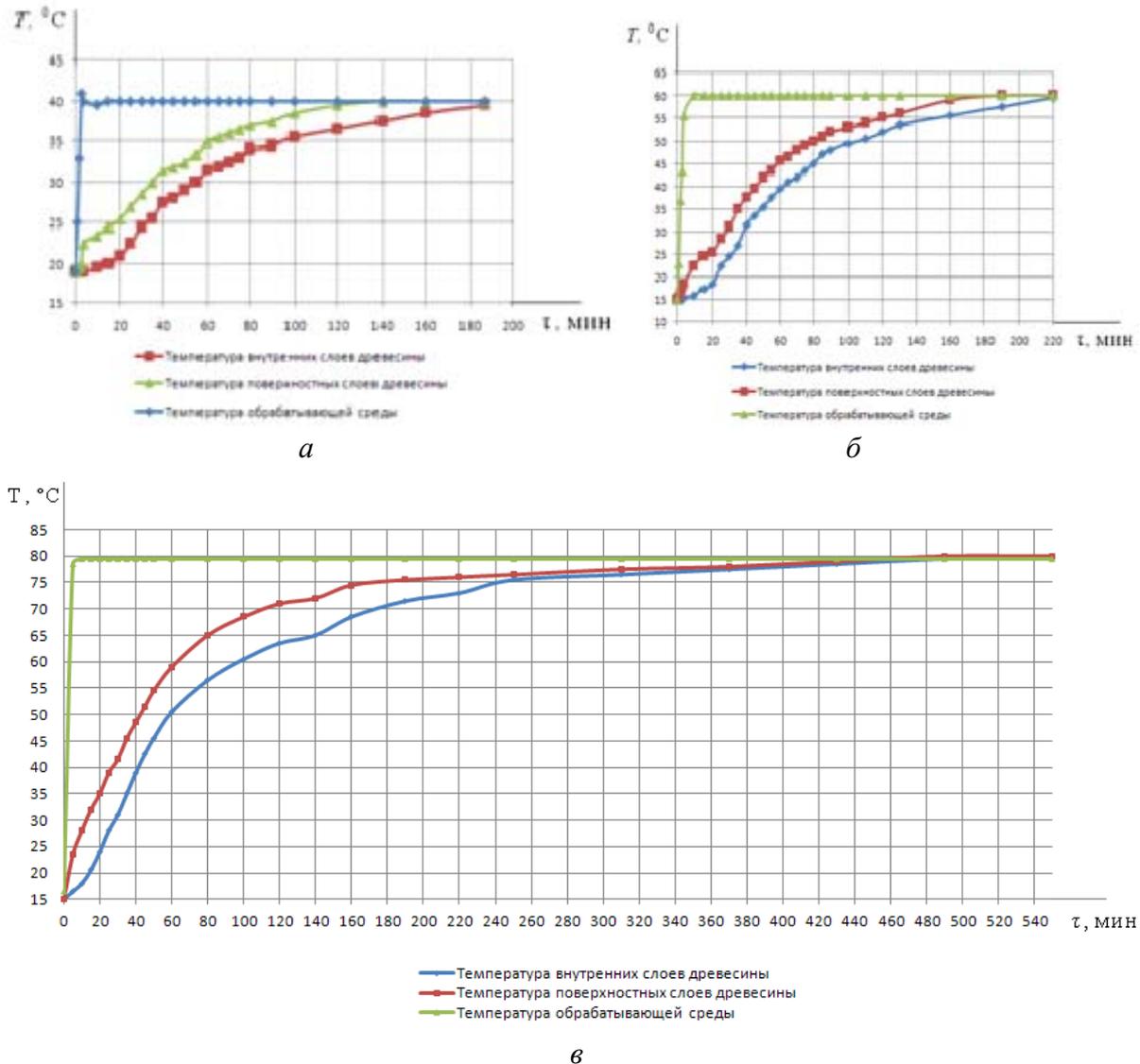


Рис. 3. Изменение температуры древесины сосны во время прогрева при температуре обрабатывающей среды: *а* – $40\text{ }^\circ\text{C}$; *б* – $60\text{ }^\circ\text{C}$; *в* – $80\text{ }^\circ\text{C}$

Анализ графиков, представленных на рис. 3, показывает, что температура воздуха в термощкафу устанавливается на требуемом уровне ($40, 60$ и $80\text{ }^\circ\text{C}$) уже через 3–10 мин после начала нагревания. После этого она остается неизменной на протяжении всего эксперимента. Таким образом, можно считать, что нагревание древесины проходит при постоянной температуре обрабатывающей среды.

Нагревание поверхностных слоев образцов древесины начинается сразу, а внутренних – с некоторым опозданием. Через 20 мин после начала процесса разница температур между поверхностями и внутренним содержанием образцов достигает максимальной величины и составляет $4, 7$ и $11\text{ }^\circ\text{C}$ при температуре среды $40, 60$ и $80\text{ }^\circ\text{C}$ соответственно.

При дальнейшем нагревании различие температур поверхностных и внутренних слоев древесины остается практически постоянным вплоть до момента достижения поверхностью образца температуры обрабатывающей среды. В первом случае это произошло через 140 мин после начала процесса нагревания, во втором – через 190 мин, в третьем – через 420 мин. Далее при постоянной температуре поверхностных слоев увеличивается только температура внутри образца, что приводит к их полному выравниванию. В результате продолжительность полного прогрева образцов сосновой древесины толщиной 40 мм и начальной влажностью 30 % составила: 187 мин при температуре обрабатывающей среды 40 °С, 220 мин при температуре 60 °С и 550 мин при температуре 80 °С.

Обращает на себя внимание тот факт, что в процессе нагревания древесины возникает и длительное время поддерживается значительная разность температур среды и поверхности образца древесины. Это однозначно свидетельствует о том, что нагревание сопровождается испарением влаги с поверхности древесины, т. е. об одновременном протекании тепло- и влагопереноса.

Графические зависимости, аналогичные представленным на рис. 3, были получены и для других условий эксперимента, указанных в табл. 1. Во всех случаях характер изменения температуры поверхностных и внутренних слоев в процессе нагревания был одинаковым. Сопоставление полученных графиков между собой позволило отметить следующее:

1. С повышением температуры увеличивается продолжительность процесса прогрева, а также возрастает скорость изменения температуры на поверхности и внутри древесины.

2. При увеличении влажности древесины скорость изменения температуры древесины уменьшается, и, как следствие, возрастает продолжительность прогрева.

3. С увеличением толщины образца увеличивается продолжительность прогрева, а скорость изменения температуры древесины остается практически одинаковой.

Для определения характера изменения теплофизических характеристик древесины во времени при прогреве были выполнены расчеты величины удельной теплоемкости, коэффициентов теплопроводности и температуропроводности по вышеприведенным формулам.

Поскольку закономерности изменения теплофизических характеристик древесины для всех условий прогрева аналогичны, для примера в табл. 3 приведены результаты расчетов для древесины сосны толщиной 40 мм, с начальной влажностью $W_n = 30\%$, а в табл. 4 – для образцов толщиной 40 мм, начальной влажностью $W_n = 53\%$ Нагрев происходил в радиальном направлении.

Таблица 3

Теплофизические свойства сосновой древесины влажностью $W_n = 30\%$

| τ , мин | $T = 40\text{ }^\circ\text{C}$ | | | $T = 60\text{ }^\circ\text{C}$ | | | $T = 80\text{ }^\circ\text{C}$ | | |
|--------------|--------------------------------|------|-----------|--------------------------------|------|-----------|--------------------------------|------|-----------|
| | $a \cdot 10^{-6}$ | c | λ | $a \cdot 10^{-6}$ | c | λ | $a \cdot 10^{-6}$ | c | λ |
| 20 | 0,31 | 2,10 | 0,28 | 0,31 | 2,26 | 0,42 | 0,18 | 2,36 | 0,54 |
| 40 | 0,17 | 2,22 | 0,21 | 0,22 | 2,38 | 0,26 | 0,18 | 2,60 | 0,30 |
| 60 | 0,14 | 2,55 | 0,18 | 0,12 | 2,48 | 0,21 | 0,16 | 2,43 | 0,24 |
| 80 | 0,12 | 2,70 | 0,16 | 0,11 | 2,6 | 0,18 | 0,14 | 2,70 | 0,23 |
| 100 | - | - | - | 0,10 | 3,0 | 0,15 | 0,15 | 2,71 | 0,22 |
| 120 | - | - | - | - | - | - | 0,13 | 2,74 | 0,20 |
| 160 | - | - | - | - | - | - | 0,13 | 2,75 | 0,19 |
| Сред. | 0,19 | 2,39 | 0,21 | 0,18 | 2,54 | 0,24 | 0,15 | 2,61 | 0,27 |

Таблица 4

Теплофизические свойства сосновой древесины влажностью $W_n = 53\%$

| τ , мин | $T = 40\text{ }^\circ\text{C}$ | | | $T = 60\text{ }^\circ\text{C}$ | | | $T = 80\text{ }^\circ\text{C}$ | | |
|--------------|--------------------------------|------|-----------|--------------------------------|------|-----------|--------------------------------|------|-----------|
| | $a \cdot 10^{-6}$ | c | λ | $a \cdot 10^{-6}$ | c | λ | $a \cdot 10^{-6}$ | c | λ |
| 20 | 0,35 | 2,60 | 0,55 | 0,4 | 2,47 | 0,54 | 0,41 | 2,54 | 0,65 |
| 40 | 0,23 | 2,66 | 0,36 | 0,28 | 2,50 | 0,41 | 0,31 | 2,67 | 0,54 |
| 60 | 0,17 | 2,74 | 0,28 | 0,23 | 2,54 | 0,35 | 0,29 | 2,74 | 0,45 |
| 80 | 0,15 | 2,84 | 0,25 | 0,22 | 2,64 | 0,34 | 0,24 | 2,76 | 0,38 |
| 100 | 0,11 | 3,16 | 0,20 | 0,22 | 2,74 | 0,37 | 0,24 | 2,79 | 0,34 |
| 120 | - | - | - | 0,19 | 2,85 | 0,32 | 0,22 | 2,80 | 0,34 |
| 160 | - | - | - | - | - | - | 0,21 | 2,81 | 0,33 |
| 220 | - | - | - | - | - | - | 0,19 | 2,81 | 0,33 |
| Сред. | 0,20 | 2,80 | 0,33 | 0,26 | 2,62 | 0,39 | 0,23 | 2,74 | 0,42 |

Анализируя данные, представленные в табл. 3 и 4, отметим прежде всего что полученные значения всех теплофизических характеристик древесины не противоречат сведениям, опубликованным у П.С. Серговского [2]. При этом удельная теплоемкость и коэффициент теплопроводности, измеренные у древесины с начальной влажностью $W_n = 53\%$, больше, чем у более сухой древесины ($W_n = 30\%$), что также согласуется с современными представлениями о свойствах древесины.

Прогрев древесины при температуре среды 40 и 60 °C сопровождается увеличением удельной теплоемкости и снижением коэффициента теплопроводности. Коэффициент температуропроводности также уменьшается.

Изменения вышеуказанных тепловых коэффициентов древесины при температуре 80 °C в период прогрева носят несколько иной характер. В начале процесса, когда перепад температур по толщине древесины достаточно велик, наблюдается увеличение удельной теплоемкости и снижение коэффициентов теплопроводности и температуропроводности.

В период прогрева, когда при постоянной температуре поверхностных слоев увеличивается только температура внутри образца, как рост удельной теплоемкости, так и снижение коэффициентов теплопроводности и температуропроводности замедляются.

Библиографический список

1. Лыков А.В. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1973.
2. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский, А.И. Рассев. – М.: Лесная пром-сть, 1987.

С.В.Совина
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
sovinasv@el.ru

ПИГМЕНТИРОВАННЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ (PIGMENTED COATING SYSTEMS FOR WOOD AND WOOD MATERIALS)

Введение пигментов в лакокрасочные материалы повышает защитно-декоративные свойства покрытий.

The introduction of pigments in paints but increasing protective and decorative properties of coatings.

Пигментированные растворы и дисперсии плёнкообразующих поли- и олигомеров – распространённый класс материалов из используемых для защитно-декоративной отделки изделий из древесины и древесных материалов. Результаты исследований и опыт применения полимерных покрытий однозначно свидетельствуют о значительном влиянии пигментирования на их эксплуатационные характеристики.

Практически все изменения свойств покрытий, наблюдаемые в результате их наполнения пигментами, связаны с физико-химическими процессами, протекающими на границе раздела фаз пигмент – плёнкообразующая система. Отсюда следует, что направленное изменение условий формирования контакта поверхности пигментов с компонентами дисперсионной среды наполненных лакокрасочных материалов, несомненно, является основой эксплуатационных свойств покрытий.

Основной целью проведённой работы являлась разработка эффективных путей улучшения эксплуатационных характеристик пигментированных лакокрасочных материалов и покрытий на их основе путём исследования прочности последних в зависимости от содержания пигмента. Для проведения классического эксперимента были выбраны следующие лакокрасочные системы: водоразбавляемый лак марки ВДАК-210 (ТУ 2316-003-27512165-96 ООО «Текс» г. Санкт-Петербург) и пигмент марки «Магик» (ТУ 113-83-6-90), образованный частицами слюды, обработанными оксидом титана TiO_2 . Благодаря своим техническим характеристикам они выгодно отличаются от конкурентных лакокрасочных материалов.

Проверка защитно-декоративных свойств покрытий проводилась путем испытания образцов на водостойкость. Кроме того, рассматривалось изменение сухого остатка лакокрасочного материала при введении пигментной пасты, так как содержание сухого остатка влияет на толщину создаваемого покрытия и его твёрдость. При сниженном значении этого показателя в процессе создания покрытия заданной толщины происходит перерасход лакокрасочного материала.

Область варьирования концентрации пигментной пасты составила от 5 до 15 масс. % к общей массе лакокрасочной системы. Варьирование дисперсности пигмента – 15, 30 и 45 мкм. Полученные зависимости в результате экспериментов представлены на рис. 1, 2.

Анализируя результаты, можно сделать вывод, что введение пигментной пасты концентрацией от 5 до 15 масс. % увеличивает сухой остаток композиции и повышает водостойкость покрытия на её основе.

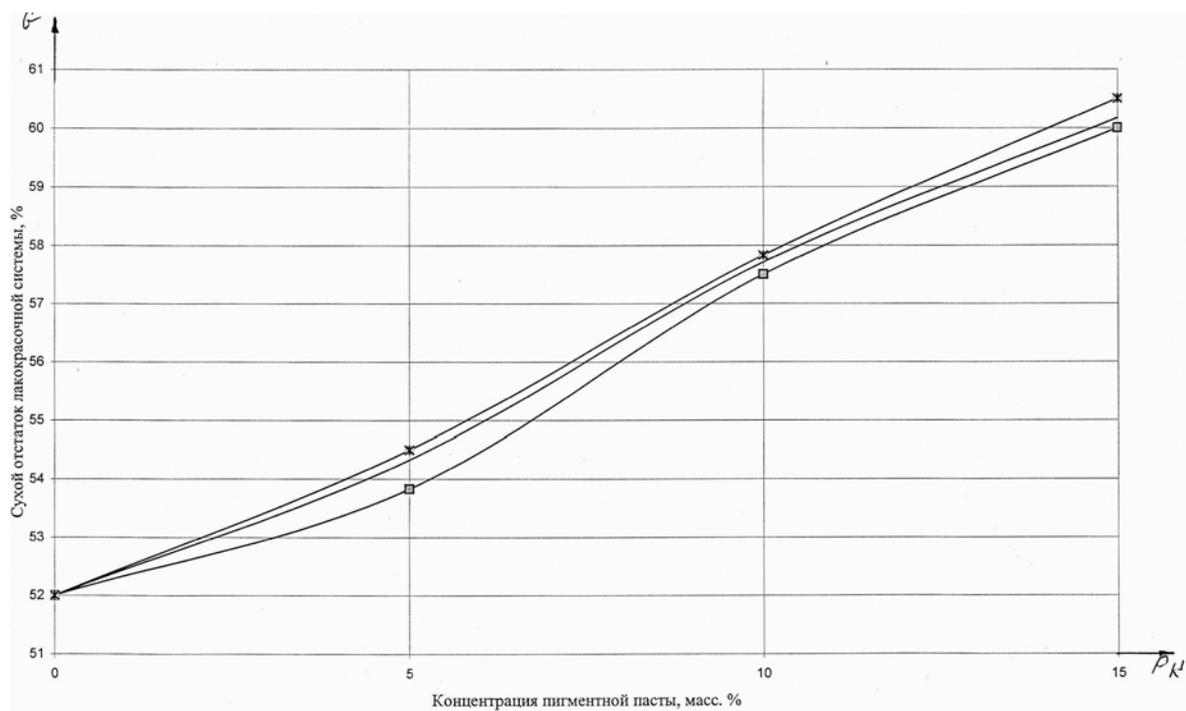


Рис. 1 Зависимость сухого остатка лакокрасочной системы от концентрации пигментной пасты в ней, при различных значениях дисперсности пигмента, где ряды 1, 2, 3 - 15, 30, 45 мкм соответственно

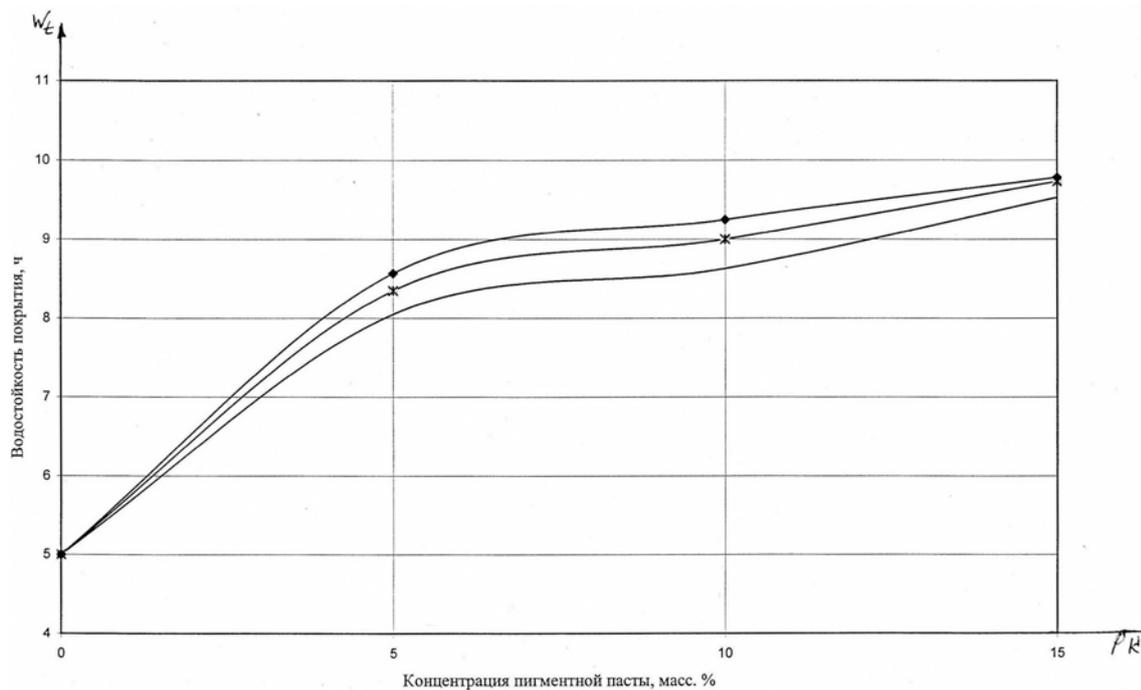


Рис. 2 Зависимость водостойкости лакокрасочного покрытия от концентрации пигментной пасты при различных значениях дисперсности пигмента, где ряды 1, 2, 3 - 15, 30, 45 мкм соответственно

При рассмотрении влияния модифицирующей добавки на эксплуатационные свойства полимеров можно предположить возможность формирования цепочечных структур, образующих пространственную сетку в объёме композиции. Это явление, по-

видимому, объясняется мозаичным строением поверхностных частиц наполнителя. При сближении частиц на расстояние, соответствующее образованию коагуляционного контакта, частицы последовательно фиксируются в результате взаимодействия участками поверхности с пленкообразователем, макромолекулы которого адсорбируясь ориентируются, образуя упрочнённые мостики – тяжи, соединяющие частицы. Такая сопряжённая структура полимер – пигмент, пронизывающая объём полимера, способствует повышению его жесткости, прочности и деформационной долговечности.

Предлагаемая пигментированная композиция может быть использована для создания покрытий древесины и древесных материалов с высокими эстетическими и эксплуатационными показателями.

Т. Стаутмайстер
ВФН АНВ, Биль, Швейцария
С.П. Трофимов
БГТУ, Минск, Беларусь
tsp46@mail.ru

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ УЧАСТКАМИ ГИБКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ (ADAPTIVE MANAGEMENT AREAS FLEXIBLE MANUFACTURING IN WOODWORKING)

Излагается концепция адаптивного управления технологическими участками гибких автоматизированных производств в деревообработке. Она апробирована и реализуется в процессах изготовления мебели и столярно-строительных изделий (окон).

The concept of adaptive control technology sections of flexible automated production facilities in the woodworking. It has been tested and is realized in the process of manufacturing furniture and joinery products (windows).

Автоматизация производственных процессов является характерной чертой современного этапа развития промышленности на основе достижений в области электроники, техники и информационных технологий.

Эта тенденция обусловлена стремлением повысить производительность, улучшить условия и качество труда. Крупные и средние предприятия, располагающие квалифицированными кадрами и соответствующими финансовыми ресурсами, все более ориентируются на применение средств автоматизации технологических, переместительных, складских операций, работ по конструкторско-технологической подготовке и управлению производством.

Например, в развитии средств автоматизации производства деревянных окон можно выделить несколько этапов. Для периода, когда преобладал выпуск стандартных окон крупными партиями одного типоразмера, было характерно применение отдельных станков и линий, обеспечивавших автоматизацию основных технологических операций (нарезки шипов, обгонки рам по периметру и др.). Затем появились устройства для разборки пакетов, поштучной выдачи заготовок в обработку и укладки продукции в стопы,

которые обеспечили повышение уровня автоматизации. Логическим завершением этого процесса явилось освоение производства и внедрение комплектов технологического и транспортного оборудования ОК-250 для массового крупносерийного производства 50–250 тыс. м² оконных блоков в год. К недостаткам этого оборудования следует отнести большие затраты времени на перенастройку, необходимость выпуска пробных деталей и накопления партий запуска в обработку.

В условиях расширения ассортимента выпускаемой продукции по размерам, форме и конструкции окон стало актуальным применение угловых обрабатывающих центров для нарезки шипов (в два прохода), одностороннему профилированию брусков и обгонки по периметру рам створок и коробок. Первоначально для выполнения этих операций использовались два станка поперечной и продольной обработки, на основе объединения которых были созданы обрабатывающие центры (ОЦ) для выполнения комплекса работ [1, 2]. В последнее время появились ОЦ, обеспечивающие высокую точность, завершенность профилирования брусовых деталей и склеивания из них рам полной готовности без последующей обгонки по периметру. Эти виды технологического оборудования предусматривают возможность быстрой замены рабочих профилирующих и шипорезных фрез за счет вертикального перемещения приводного вала для изготовления деталей разных типоразмеров окон.

Применение ОЦ с числовым программным управлением (ЧПУ) актуализирует создание программируемых манипуляторов для разнообразных операций по загрузке, разгрузке станков и автоматизации некоторых технологических операций. Появление микропроцессорных систем управления и замена специализированных устройств управления на программируемые контроллеры позволили снизить стоимость роботов в несколько раз, сделав рентабельным их массовое внедрение в промышленности. Этому способствовали объективные предпосылки развития промышленного производства.

Условия разнообразия типоразмеров, форм, комплектации, вариантов отделки и особенно при поставке изделий малыми партиями или по индивидуальным заказам требуют решения специфических задач автоматизации производственных процессов. При этом должны быть обеспечены хорошие условия и безопасность труда [3], надежность и качество выпускаемой продукции, эффективность систем управления производственными, складскими и транспортно-логистическими процессами, которые регламентируются соответствующими нормативно-техническими документами Евросоюза (EN) и Германии (DIN), все чаще применяемыми в Республике Беларусь и странах СНГ.

В Институте архитектуры, древесины и строительства Бернского университета прикладных наук (АНВ ВФН, Швейцария) выполнены разработки, создающие основу для прикладных исследований и практической реализации их результатов при решении актуальных задач автоматизации и логистики в производстве деревянных окон.

Особый акцент в процессе исследований был сделан на системное рассмотрение практических задач осуществления выпуска разнообразных изделий в условиях конкретных производителей и проверку разработанных решений.

Применение оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) и промышленными роботами [4] было принято изначально в качестве технологической основы всей работы. Выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ сопровождалось созданием технологической и экспериментальной базы самого высокого уровня. В единстве производства и логистики появилась возможность воспроизведения и решения очередных задач, использования аналитических данных лаборатории института.

Набор оборудования экспериментальных участков включает: 3- и 6-координатные ОЦ с ЧПУ центры, 6- и 7-координатные промышленные роботы, сборочные столы, ряд других видов технологического оборудования, стеллажные склады деталей, автоматизированные системы управления, средства связи и бесконтактной идентификации на основе компонентов технологий RFID, а также регистрации и визуализации исследуемых процессов.

С использованием имеющихся элементов оборудования автоматизированных производственных ячеек и их сетевых взаимосвязей могут быть воспроизведены, отображены и протестированы практически все процессы механической обработки древесины и изделий из нее.

На рис. 1 отображены фрагмент технологического оборудования участка по изготовлению деревянных окон [5] и примеры сборочных единиц выпускаемых изделий. Рис. 3 иллюстрирует применение промышленных роботов при производстве деревоалюминиевого оконного блока.

Одновременно с разработкой прогрессивной системы остекления деревянных окон на основе клеенных стеклопакетов решались задачи автоматизации сборки створок с применением промышленных роботов. Результаты этих работ практически используются на нескольких предприятиях.



Рис. 1. Применение робота на участке сборки деревянных окон:
а – монтажный стол для остекления створки со клееным стеклопакетом;
б – фрагменты конструкций окна

Автоматизация процесса сборки створок явилась одним из важных условий новой организации технологических процессов. Рис. 2 отражает состав и последовательность действий, которые должны были осуществлять промышленные роботы на автоматизированном участке сборки оконных створок. Эта производственная ячейка может обеспечить сборку оконных створок требуемого формата с выбором и применением необходимого профиля брусковых деталей, фурнитуры и элемента остекления. В основу решения актуальной задачи создания автоматизированной производственной ячейки для сборки створок было положено требование адаптивности к условиям работы обслуживающего персонала и процесса выполнения работ.

Необходимо отметить, что в производственной системе, рассматриваемой в качестве автоматизированной ячейки, все компоненты доступны для редактирования в процессе выполнения работ и определения доступных ресурсов.

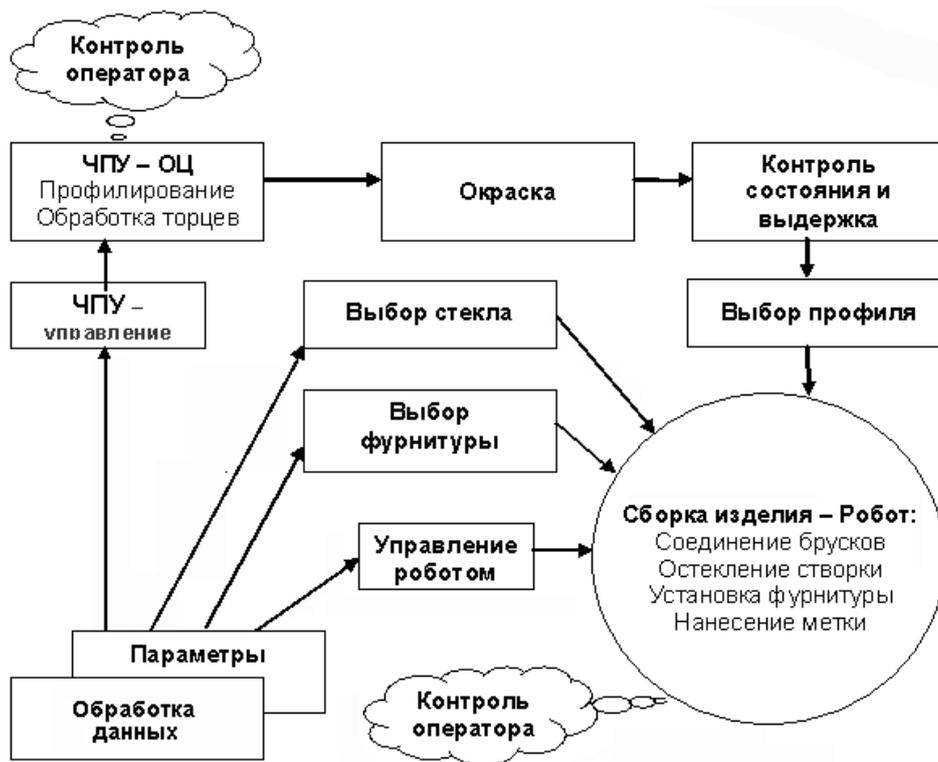


Рис. 2. Схема организации процесса производства деревянных оконных створок со вклеенными стеклопакетами

Было принято, что в системе управления адаптивной гибкой автоматизированной ячейкой для производства оконных деревянных оконных створок со вклеенным стеклопакетом все компоненты идентификации и распознавания основаны на RFID-технологии радиочастотной идентификации (рис. 3). Преимущества этой системы основаны на применении RFID-меток для обозначения компонентов изделий и связанных с ними устройств для дистанционного считывания информации в условиях отсутствия обязательной прямой видимости или так называемой массовой регистрации в партии. При этом вид и количество компонентов можно обнаружить одновременно, даже в условиях, если они находятся на верху или в смеси хаотично (на транспортной тележке), на поддоне или в ячейке стеллажа.

Если поддон с заготовками отмечен RFID, то они она могут быть автоматически обнаружены и введены в базу данных посредством чтения и записи информации о имеющихся ресурсах, необходимости обработки (например, CNC-программ, инструментов и др.) и готовности к использованию в производственной ячейке. В случае наличия необходимых ресурсов обработка и сборка могут быть осуществлены автоматически в заданной последовательности или с помощью выдачи из имеющегося запаса (рис. 4).



Рис. 3. Типичная структура и основные компоненты RFID-системы

В рассматриваемом случае считаем, что имеются детали всех длин, необходимых для сборки, иначе необходимы переговоры и заказ компонентов нужных длин в отличие от ранее разработанных схем автоматической сборки фрезерованных по профилю брусков.

При наличии подходящих компонентов в ячейке они будут индивидуально учтены, оценены по свойствам и поданы роботом в обработку (см. рис. 4). Если деталь не предназначена для обработки, то она остается в ячейке, и это может означать сбой в обеспечении ресурса.

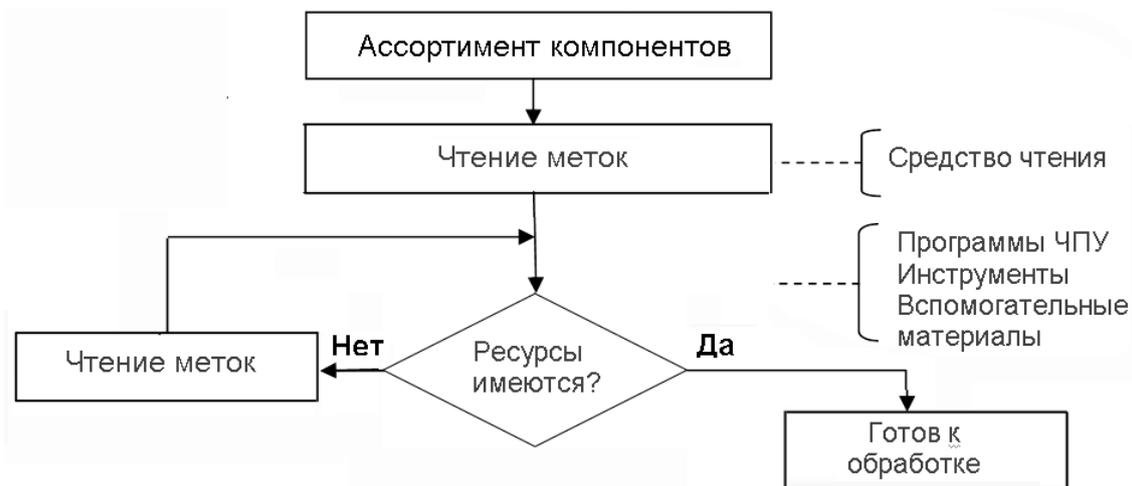


Рис. 4. Принципиальная функциональная схема адаптивной ячейки производства

Если деталь предназначена для обработки на станке с ЧПУ или на оборудовании с групповым управлением DNC, она будет автоматически подготовлена для этого. После завершения обработки деталь посредством робота подается в камеру, которая проверяет полноту обработки и выполняет (возможно ограниченный) контроль качества.

Варианты последующих действий с обрабатываемым компонентом изделия (рис. 5): при отсутствии возможности осуществить покраску, компонент будет поставлен RFID в режим ожидания условия выполнения окраски в нужный цвет; компонент может быть просто перемещен на покраску (если это не сделано автоматически); компонент может быть подан на монтажный стол; компонент может быть передан роботом на операцию сборки створки с соответствующим контролем ее исполнения.

RFID-метки компонентов изделия и автоматизированная система управления позволяют осуществить разнообразные действия хранения, обработки, сборки и их окраски в зависимости от геометрии и/или цвета покраски.

Предложенная концепция, апробированная на примере обработки компонентов корпусной мебели, удовлетворяет всем параметрам адаптивной и гибкой работы автоматизированных производственных участков. Характеристики каждой компоненты или компонент изделия могут быть определены непосредственно перед или на стадии производства. При этом всеобъемлющая активная последовательность планирования может быть сведена к минимуму.

Представленная концепция использована в определенных условиях обработки, но она может быть беспрепятственно реализована и в других материально-технических условиях гибкого автоматизированного производства.

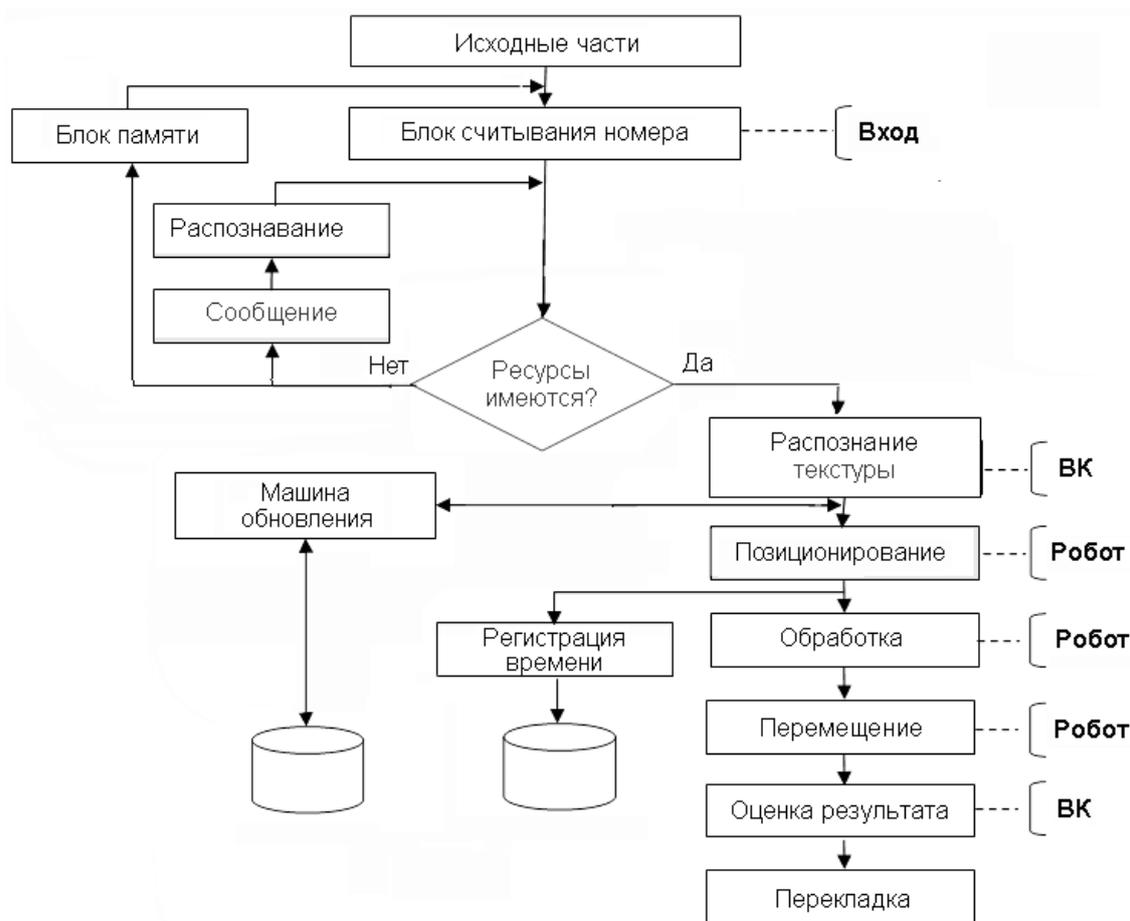


Рис. 5. Структура функций ячеек и технические средства: ВК – видеокамера

Основная идея предлагаемой концепции заключается в том, что компоненты изделия несут информацию и позволяют адаптивно управлять обработкой, в результате чего повышается экономическая эффективность и сокращение сроков технологической подготовки автоматизированного производства деревянных окон.

Библиографический список

1. Трофимов С.П. Конструирование и производство столярно-строительных изделий / С.П. Трофимов, А.С. Пардаев. – Минск: БГТУ, 2011. – 521 с.
2. ТКП 45-7.02-148–2009. Производство столярных изделий при объеме переработки пиломатериалов до 10 тыс. м³ в год. Нормы технологического проектирования предприятия. – Минск: Стройтехнорм, 2010. – 55 с.
3. DIN EN 775: Industrieroboter – Sicherheit. Berlin: Beuth, 1993.
4. Weber W. Industrieroboter. Methoden der Steuerung und Regelung. – Leipzig Fachbuchverlag im Carl Hanser Verlag, 2009. – 250 Pp.
5. DIN 68121-1. Holzprofile für Fenster und Fenstertüren; Maße, Qualitätsanforderungen. Deutsche Norm, Ausgabe: 1993-09.

Е.И. Стенина
УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ
sten_elen@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ОГНЕБИОЗАЩИТНЫХ
ПРЕПАРАТОВ**
(THE RESEARCH OF COMBINED CHEMICALS
TECHNOLOGICAL EFFECTIVENESS)

В статье приводятся результаты исследований по изучению возможности обеспечения огнезащитных свойств препаратов комбинированного действия за счет различных способов обработки древесины, а также оценки качества лакокрасочных покрытий на такой подложке.

In the article are given the results of studies on the study of the possibility of guaranteeing the fire-retardant properties of the preparations of the combined action due to the different methods of woodworking, and so the estimation of the quality of paint and varnish coats on this base layer.

Современные строительные технологии, предусматривающие широкое использование всевозможных композиционных материалов на основе древесины, позволяют не только во многом упрощать, но и ускорять процесс возведения зданий. Высокое качество каждого элемента будущей конструкции обеспечивает строительство из поистине технологичного и эффективного материала, из которого впоследствии собираются прочные, надежные и красивые дома. Однако по-прежнему остается актуальной проблема огне- и биозащиты массивной древесины, неизбежно используемой в любых типах конструкций домов, так как пропитанный антипиренами и антисептиками каркас позволяет гарантировать долговечность строения в целом. Из широкого спектра защитных средств, предлагаемых производителями, строительные компании, как правило, останавливают свой выбор на препаратах комбинированного действия, обладающих как био-, так и огнезащитным действием. Для того чтобы была гарантирована огнезащита, содержание такого препарата в древесине необходимо увеличить, как правило, в 2–10 раз по сравнению с его присутствием с целью обеспечения только биозащиты. К сожалению, в настоящее время для внедрения препаратов данной группы в древесину производители применяют упрощенные способы поверхностного нанесения, которые основываются на использовании простейших оборудования и инструментов.

Как показали исследования по выявлению путей повышения эффективности способа поверхностного нанесения защитных препаратов, ни увеличение кратности нанесения, ни повышение температуры пропиточного раствора желаемого результата не обеспечивают. Ни один из примененных приемов не позволил достичь контрольных цифр. Рекомендуемое производителем удержание препарата Сенежогнебио, необходимое для перевода обработанной древесины во II группу возгораемости, составляет 300 г/м². В экспериментах максимальное удержание для этого препарата составило 43,2 г/м² (рис. 1).

Подогрев раствора до 40 °С является более эффективным мероприятием по сравнению с увеличением кратности обработки. Так, первая обработка подогретым раствором обеспечила величину удержания в 1,3 раза большую, чем при 3-кратном нанесении раствора этого же препарата комнатной температуры.

Повторная обработка подогретым раствором не улучшила результат, вероятно, в силу более интенсивно протекающих процессов испарения, а, следовательно, более сильного выпадения солей препарата на поверхности древесины, что препятствовало его заглоблению. В связи с этим подогретые растворы следует внедрять в древесину способами «мокрый по мокрому», например вымачиванием.

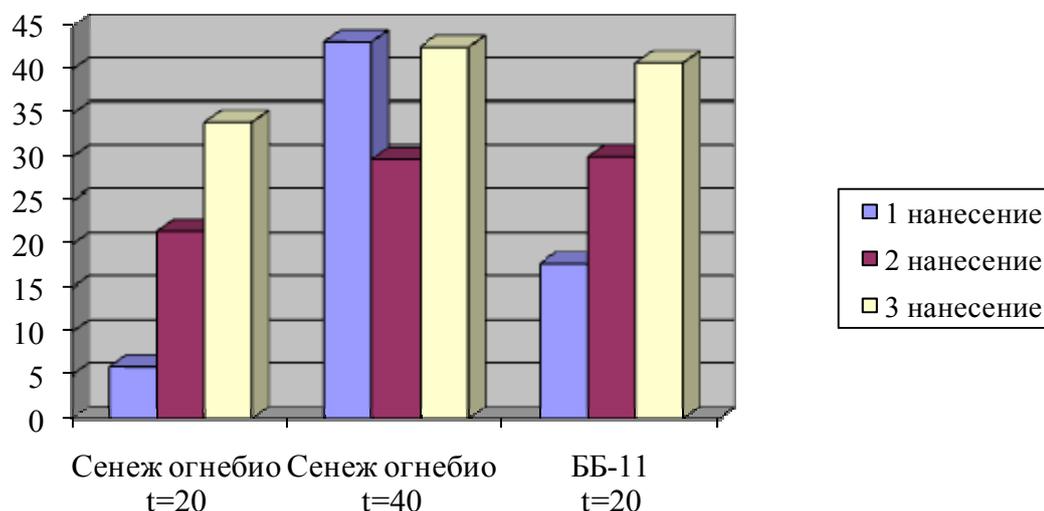


Рис. 1. Эксперимент по удержанию Сенежогнебио

Учитывая, что при возведении конструкций из древесины широко используют клееные элементы, пропитка которых представляет особый интерес, были проведены исследования и в этом направлении. Защитная обработка образцов осуществлялась как методом антисептирования (табл. 1), так и методом консервирования (табл. 2) [1, 2].

Таблица 1

Методическая сетка экспериментов по антисептированию древесины

| Факторы | Значения |
|---------------------------------------|----------------------------|
| Постоянные | |
| Порода древесины образцов | Сосна с преобладанием ядра |
| Шероховатость по ГОСТу 7016-82, мкм | Не ниже 32 |
| Влажность древесины, % | 9–12 |
| Температура древесины, °С | +20±2 |
| Время выдержки между нанесениями, мин | 20 |
| Способ поверхностного нанесения | Нанесение кистью |
| Переменные | |
| Защитный препарат | «Терминус-11», «КСД» |
| Кратность нанесения | 1, 2, 3 |

Таблица 2

Методическая сетка экспериментов по консервированию древесины

| Факторы | Значения |
|--|----------------------------|
| Постоянные факторы | |
| Порода древесины | Сосна с преобладанием ядра |
| Влажность древесины, % | 9–12 |
| Температура окружающей среды, °С | 20±2 |
| Способ пропитки | ВАД |
| Глубина вакуума, МПа | 0,08 |
| Время создания вакуума, сек | 10 |
| Продолжительность вакуумирования, мин | 20 |
| Количество циклов вакуумирования, шт. | 2 |
| Продолжительность выдержки при атмосферном давлении, мин | 1 |
| Переменные факторы | |
| Наличие клевого шва в образце древесины | Есть, нет |
| Защитный препарат | «Терминус-11», «КСД» |

Для обработки использовались следующие препараты:

1. Терминус-11 – водный раствор фосфорсодержащих неорганических и органических антипиренов, синергетических и антисептической добавок, обеспечивающий I, а при поглощении 75 кг/м^3 – II группу огнезащитной эффективности; вымываемый из древесины.

2. КСД – водный раствор композиционного материала, включающего соли-антипирены и полимерные биоциды, обеспечивающий при поглощении 50 кг/м^3 II-ю группу огнезащитной эффективности, средний расчетный срок огнезащиты – 4 года, биозащиты – 5 лет (при эксплуатации под навесом).

Результаты экспериментов после соответствующей статистической обработки были представлены в табл. 3 и на рис. 2.

Таблица 3

Сводная таблица результатов по антисептированию древесины

| Защитный препарат | Кратность нанесения | Среднее удержание, г/м ² | |
|-------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------|
| | | Опытное | Рекомендуемое |
| Терминус-11 | 1 | 102,54 | 400 |
| | 2 | 152,91 | |
| | 3 | 181,73 | |
| КСД | 1 | 89,73 | 350 |
| | 2 | 134,07 | |
| | 3 | 154,03 | |

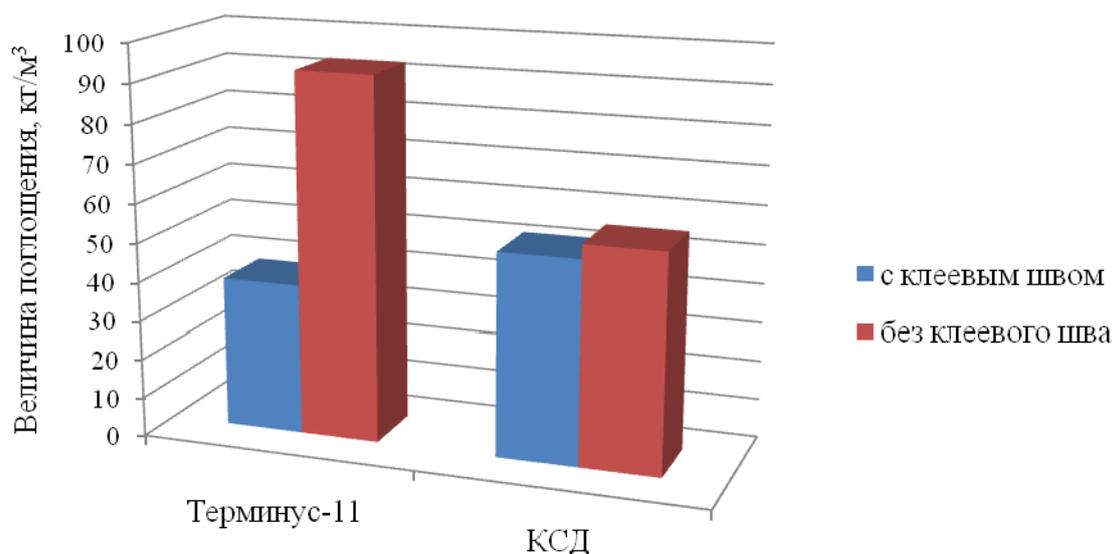


Рис. 2. Сравнение величины поглощения с Терминус-11 и с КСД

Эксперименты показали, что определяющую роль в насыщении древесины защитным веществом играет проникающая способность самого препарата, обусловленная его химической формулой. Наиболее качественная и равномерная пропитка достигается при использовании огнебиозащитного препарата КСД. Пропитка склеенных элементов проходит несколько хуже, чем пропитка цельной древесины, так как емкость клеенной древесины меньше, чем у цельной. Ранее выдвигаемый вывод о неспособности методов поверхностного нанесения обеспечить необходимый уровень огнезащиты древесины получил свое подтверждение, т.е. комбинированные препараты в этих количествах работают лишь как биоциды.

Препараты огнебиозащитного действия – это, как правило, вымываемые из древесины композиции, зафиксировать которые на древесине можно с помощью лакокрасочного покрытия, поэтому целью исследований являлось изучение совместимости древесной сращенной и несращенной по длине подложки, пропитанной препаратами комбинированного действия при использовании разных методов обработки, с лакокрасочными покрытиями, в т.ч. водостойкими.

В экспериментах использовались водорастворимая акрилатная краска «Ультра» производства фирмы Tikkurila, представляющая собой смешанную с пигментами эмульсию акриловых синтетических смол, и эмаль ПФ-115, являющейся суспензией двуокиси титана рутильной формы и других пигментов и наполнителей в пентафталево-м лаке с добавлением сиккатива, растворителя и стабилизаторов. ПФ-115 является одной из лучших отечественных разработок в группе алкидных лакокрасочных материалов, используемых в различных климатических зонах.

Оценка адгезии покрытий осуществлялась по ГОСТу 27325-87 (табл. 4) и приведена в табл. 5 и 6 [3].

Исследования позволяют сделать вывод, что радикальное увеличение присутствия препаратов комбинированного действия негативно сказывается на адгезии ЛКП, наличие клеевого шва при этом не оказывает существенного влияния на прочность сцепления покрытия. Установлено, что при использовании защитного состава КСД образцы имеют лучшую адгезию ЛКП по сравнению с препаратом Терминус-11.

Таблица 4

Оценка адгезии по ГОСТу 27325-87

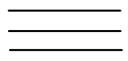
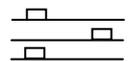
| Балл | Описание поверхности лакокрасочного покрытия после нанесения надрезов и снятия липкой ленты | Внешний вид покрытия |
|------|---|---|
| 1 | Края надрезов гладкие |  |
| 2 | Незначительное отслаивание пленки по ширине полосы вдоль надрезов (не более 0,5 мм) |  |
| 3 | Отслаивание покрытия полосами |  |

Таблица 5

Результаты исследований антисептированных образцов

| Защитный препарат | Наличие клеевого шва | № образца | Удержание, г/м ² | Количество слоев | Адгезия, баллы | |
|-------------------|----------------------|-----------|-----------------------------|------------------|------------------|--------|
| | | | | | Ультра Tikkurila | ПФ-115 |
| Терминус-11 | Нет | 1 | 188,71 | 2 | 2 | 1 |
| | | 2 | 154,27 | 2 | 1 | 1 |
| | | 3 | 194,52 | 2 | 2 | 1 |
| | | 4 | 236,58 | 2 | 1 | 1 |
| | | 5 | 134,59 | 2 | 1 | 2 |
| КСД | Нет | 6 | 191,97 | 2 | 1 | 1 |
| | | 7 | 280,10 | 2 | 2 | 1 |
| | | 8 | 113,76 | 2 | 3 | 1 |
| | | 9 | 156,38 | 2 | 2 | 1 |
| | | 10 | 228,86 | 2 | 2 | 1 |

Таблица 6

Результаты исследований консервированных образцов

| Защитный препарат | Наличие клеевого шва | № образца | Поглощение кг/м ³ | Количество слоев | Адгезия, баллы | |
|-------------------|----------------------|-----------|------------------------------|------------------|------------------|--------|
| | | | | | Ультра Tikkurila | ПФ-115 |
| Терминус-11 | Есть | 1 | 52,200 | 2 | 3 | 1 |
| | | 2 | 31,376 | 2 | 2 | 2 |
| | | 3 | 25,130 | 2 | 3 | 1 |
| | | 4 | 115,958 | 2 | 2 | 1 |
| | | 5 | 45,773 | 2 | 2 | 2 |
| Терминус-11 | Нет | 6 | 93,837 | 2 | 2 | 1 |
| | | 7 | 18,460 | 2 | 2 | 2 |
| | | 8 | 113,406 | 2 | 3 | 1 |
| | | 9 | 172,794 | 2 | 2 | 2 |
| | | 10 | 81,958 | 2 | 2 | 1 |
| КСД | Есть | 11 | 53,495 | 2 | 1 | 1 |
| | | 12 | 43,187 | 2 | 1 | 1 |
| | | 13 | 134,454 | 2 | 2 | 1 |
| | | 14 | 67,822 | 2 | 3 | 2 |
| | | 15 | 63,819 | 2 | 2 | 1 |

| Защитный препарат | Наличие клеевого шва | № образца | Поглощение, кг/м ³ | Количество слоев | Адгезия, баллы | |
|-------------------|----------------------|-----------|-------------------------------|------------------|------------------|--------|
| | | | | | Ультра Tikkurila | ПФ-115 |
| КСД | Нет | 16 | 48,709 | 2 | 2 | 1 |
| | | 17 | 42,016 | 2 | 1 | 1 |
| | | 18 | 59,629 | 2 | 2 | 2 |
| | | 19 | 64,847 | 2 | 1 | 1 |
| | | 20 | 53,369 | 2 | 2 | 1 |

Наиболее качественные показатели прочности сцепления покрытия с подложкой получены при использовании эмали ПФ-115 как при нанесении на антисептированную, так и на консервированную подложки любым препаратом. Необходимо отметить, что адгезия лакокрасочного покрытия фирмы Tikkurila с древесной подложкой, обработанной антисептиком того же производителя, существенно уступает результату, обеспечиваемому лакокрасочной композицией ПФ-115. Менее пожароопасные водорастворимые эмали нецелесообразно наносить на обработанную биоогнезащитными препаратами древесину.

В целом, можно сделать вывод, что ставка на универсальные водорастворимые средства защиты древесины и максимальное упрощение технологии их введения перспективна, т.к. усилия по насыщению и удержанию этих композиций на древесном материале неадекватны получаемому результату (огнезащиты нет, а биозащита непродолжительна). Учитывая, что биоразрушение древесины возможно в условиях ее увлажнения, а возгорание – в противном случае, то единственно эффективным подходом на сегодняшний день является использование средств узконаправленного действия – чистых антисептиков и чистых антипиренов – и соответствующих методов их введения.

Библиографический список

1. ГОСТ 20022.0-93. Защита древесины. Параметры защищенности. Введ. 1995-01-01. – М.: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации: изд-во стандартов, 1993. – 20 с.
2. ГОСТ 20022.7-82. Защита древесины. Автоклавная пропитка водорастворимыми защитными средствами под давлением. Введ. 1981-07-01. – М.: Госкомитет СССР по стандартам: изд-во стандартов, 1982. – 7 с.
3. ГОСТ 27325-87. Детали и изделия из древесины и древесных материалов. Метод определения адгезии лакокрасочных покрытий. Введ. 1989-01-01. – М.: Госкомитет СССР по стандартам: изд-во стандартов, 1987. – 9 с.

Е.И. Стенина, Т.И. Фролова
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
sten_elen@mail.ru

К ВОПРОСУ БИОЗАЩИТЫ ДЕРЕВЯННЫХ ОПОР (TO A QUESTION OF THE BIOLOGICAL PROTECTION OF THE WOODEN SUPPORTS)

В статье рассмотрены различные подходы к обеспечению долговечности деревянных элементов, эксплуатирующихся на границе «земля-воздух» в условиях активного биологического разрушения.

In the article are examined different approaches to the guarantee of longevity of the wooden elements, which are exploited On the Border “surface-to-air” under the conditions for active biological destruction.

Защитные средства, рекомендуемые ГОСТом 20022.0-93 для обработки деревянных изделий, эксплуатирующихся в условиях II и III классов службы, т.е. в условиях контакта с почвенной влагой и загрязнениями органического характера при периоде активного биологического разрушения 6 и более месяцев, условно можно разделить на 2 группы: масла и водорастворимые препараты [1].

Масла сами по себе биоцидами не являются, «работают» за счет того, что снижают способность древесины увлажняться, исключая тем самым условия для развития биоразрушителей. Однако неизбежное потемнение поверхности материала в результате обработки провоцирует вследствие действия солнечных лучей интенсивный ее разогрев, приводящий к возникновению значительных внутренних напряжений и результат – к активному трещинообразованию. Применение высокотемпературной обработки при насыщении древесины маслами не только ухудшает физико-механические свойства изделий, но и усугубляет проблему образования трещин. Защищенность элементов резко снижается не только за счет «обнажения» натуральной древесины в результате разрыва поверхностных слоев, но и за счет вытапливания масел под действием солнечных лучей [2].

Более надежными в этом плане являются водорастворимые трудновываемые препараты. Так, многолетние



Экспериментальные шпалы, уложенные в главном грузовом пути станции Свердловск пассажирский: слева – пропитанная УЛТАНОм (эксплуатируется 11 лет), справа – пропитанная креозотом (эксплуатируется 1 год)

препараты. Так, многолетние беспрецедентные испытания, в том числе полигонные, препарата УЛТАН (группа ССА) показали, что обработанная им древесина так же имеет низкие гидрофобность и электропроводность, кроме того сам препарат является высокоэффективным трудновываемым биоцидом по отношению ко всем биоразрушителям, т.е. древесина сохраняет свою стерильность десятилетиями даже в условиях повышенной кислотности среды (болот) [3] (рисунок). Кроме этого техно-

логия введения этих препаратов в древесину предполагает низкотемпературную обработку [4]. Трещинообразование возможно лишь в случае нарушения требований послепропиточной сушки изделий. Как показали 11-летние испытания на Свердловской железной дороге, у пропитанных шпал образовывались лишь мелкие трещины незначительной протяженностью.

В последнее время получил развитие радикальный взгляд на защитную обработку, в т.ч. деревянных опор. Предлагается вовсе не проводить такую операцию, а выполнять изделия из древесины лиственницы. Как аргумент приводится опыт использования ее в качестве опор мостов и других сооружений, погруженных в воду, а также в различных постройках, прослуживших на одну сотню лет. Как показывают археологические раскопки, древесина и других пород успешно сохраняется в условиях низкого содержания кислорода – в воде, в глубоких горизонтах почвы – например, сосновые мостки в Нижнем Новгороде, челн, обнаруженный на дне Ладожского озера. Он также «служит» с конца XVII в. в сооружениях, собранных без использования метизов [4].

Согласно ГОСТу 20022.2-80 стойкость к гниению древесины сосны выше, чем у лиственницы. Так и заболонь, и ядро сосны являются стойкими, а у лиственницы – лишь ядро [5]. В ядровой древесине в значительно большем количестве содержатся фенолы, являющиеся токсикантами для многих дереворазрушающих грибов и насекомых, чем в заболонной [6]. Но их количество явно не достаточно, чтобы обеспечивать длительную защиту, т.к. любые изделия в процессе эксплуатации, а также под воздействием внешних факторов среды утрачивают в той или иной степени начальный уровень защищенности. Происходит расконсервирование, которому могут способствовать вымывание биоцида и его биологический вынос [7].

Наиболее сильное вымывание наблюдается при эксплуатации древесины в воде и почве, кроме того особенностью службы древесины в условиях контакта с верхними слоями почвы является постоянное взаимодействие с находящимися там разрушителями, непрерывное отравление и отмирание которых и определяет биологический вынос защитного средства. Число поколений микроскопических грибов в почве за вегетационный период сменяется 7–10 и иногда более раз [8]. В 1 г почвы насчитывают от нескольких тысяч до сотен тысяч зародышей грибов, хотя существующие в настоящее время методы выявления микроорганизмов еще недостаточно совершенны.

Известно, что на расселение грибов в почве оказывают большое влияние такие факторы, как физические свойства и химический состав, в особенности степень насыщенности почвы органическими веществами, активная ее кислотность (рН), температура, влажность, обеспеченность кислородом воздуха и, наконец, произрастающие высшие растения в виде растительного покрова. Так, почвы, насыщенные перегноем и различными удобрениями, окультуренные почвы, как правило, содержат значительно большее количество грибов, чем целинные. Исключительно высокой численностью микроорганизмов отличаются почвы тайги и кислые грунты. Таким образом, для каждой почвенной климатической зоны характерны специфические сообщества почвенных микромицетов как по видовому составу, так и по количественным соотношениям [8]. Кроме того, в условиях почвы адаптация разрушителей к биоцидам протекает достаточно быстро.

В силу вышеперечисленных обстоятельств идея использования незащищенной древесины отпадает сама собой, т.к. фенолов она содержит незначительное количество, а целлюлоза так же, как и лигнин, формируют древесную массу, являются пищевой базой для дереворазрушающих грибов [6].

Остро встает вопрос отыскания средства, способного обеспечить надежную долговременную защиту изделий (в частности опор), эксплуатирующихся в контакте с

почвой. Это должен быть сильный биоцид, который даже в малых дозах способен обеспечить эффективную защиту от всех видов разрушителей в течение значительного времени, не диффундируя при этом в почву и не способствуя адаптации к нему грибов. Как показали многолетние испытания, этим средством являются мышьяксодержащие препараты, которые вводятся в древесину с 10–15-кратным запасом по биоциду при сравнительно небольшом общем поглощении препарата древесиной [9], существенно не влияя на удорожание продукции, но позволяя при этом перейти на более дешевую беспасынковую технологию возведения опор, не снижая при этом, а, наоборот, существенно увеличивая срок службы последних.

Библиографический список

1. ГОСТ 20022.0-93. Защита древесины. Параметры защищенности. Введ. 1995-01-01. – М.: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации: изд-во стандартов, 1993. – 20 с.
2. Стенина Е.И. Защита древесины и деревянных конструкций / Е.И. Стенина, Ю.Б. Левинский. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. – 219 с.
3. Фролова Т.И. Исследование биологических и технологических свойств промышленного образца АЛТАНа в сравнении с другими водорастворимыми антисептиками: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т.И. Фролова. – Екатеринбург: 2005. – 22 с.
4. Производство, применение, свойства первого в России хромомедномышьякового (ССА) антисептика УЛТАН: матер. Межрегион. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: 2006. – 24 с.
5. ГОСТ 20022.2-80. Защита древесины. Классификация. Введ. 1981-07-01. М.: Госкомитет СССР по стандартам: изд-во стандартов, 1980. – 16 с.
6. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов / В. Рипачек. – М.: Лес. пром-ть, 1967. – 276 с.
7. Горшин С.Н. Консервирование древесины / С.Н. Горшин. – М.: Лесная пром-ть, 1977. – 335 с.
8. Жизнь растений. В 6 т. / под ред. А.Л. Тахтаджяна. — М.: Просвещение, 1974.
9. Беленков Д.А. Защита древесины от гниения – достойное внимание / Д.А. Беленков // Лесной комплекс. – 2002. – № 1. – С. 34–39.

С.С. Тютиков, В.В. Савина
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
vik_savina@bk.ru

**ПРОИЗВОДСТВО ЛУДП ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ
В СОЛИКАМСКЕ**
(PRODUCTION LUDP FROM WOOD WASTE IN SOLIKAMSK)

В статье изложены достоинства и недостатки опытно-промышленного производства пластиков из древесных отходов без добавления связующих в Соликамске.

The article describes the advantages and disadvantages of experimental-industrial production of plastics from waste wood without the addition of binders in Solikamsk.

В 1993 г., несмотря на углубляющийся в стране кризис, в Соликамске на ЦБК было организовано опытно-промышленное производство ЛУДП. Проект цеха выполнил «Уралгипробум» (Пермь) при наших консультациях. Нестандартное оборудование спроектировал и изготовил Пермский научно-исследовательский технологический институт. Для изготовления ЛУДП планировалось использовать опилки хвойных пород (70 %) и отходы окорки хвойного сырья Соликамского ЦБК (30 %).

При ознакомлении с цехом 9.12.93 мы отметили ряд недостатков, которые отразили в акте, на основании которого был составлен план мероприятий с целью повышения эффективности производства и улучшения качества продукции.

По ряду причин (экономический кризис и др.) довести дело до успешного конца не удалось. Цех работал в 1993 и 1994 гг. Однако некоторые принятые при проектировании цеха технические решения представляют, по нашему мнению, интерес с точки зрения использования их при проектировании будущих цехов.

При подготовке сырья были использованы относительно недорогие вакуумные* мельницы конструкции Р.Х. Хакимова (полезная модель № 1637). Достоинством мельницы является отсутствие в ней ситовых вкладышей, отверстия которых могут забиваться древесными частицами во время измельчения сырья. Следует отметить, что завод-изготовитель типовой зубчато-ситовой мельницы ДМ-8 не рекомендовал нам ее использовать в упомянутом цехе по этой же причине. Вакуумная мельница имеет размеры: высота 400 мм, диаметр 1300 мм, количество оборотов ротора 3000 об/мин, мощность 75 кВт, производительность 2,5 м³/час в плотном виде.

Цикл размола включает загрузку сырья – 10 сек, измельчение – 15 сек, выгрузку – 5 сек.

Результаты наших исследований фракционного состава исходных опилок и прессмассы, полученной из них путем измельчения на вакуумной мельнице, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Фракционный состав опилок и полученной из них прессмассы

| Размер отверстий сита, мм | Количество частиц, оставшихся на сите, % | |
|---------------------------|--|------------|
| | Исходные опилки | Прессмасса |
| 10 | 0,7 | — |
| 7 | 2,2 | — |
| 5 | 7,8 | — |
| 3 | 43,0 | 4,5 |
| 2 | 25,6 | 18,6 |
| 1 | 16,4 | 48,3 |
| 0 | 4,4 | 28,6 |

Геометрические размеры древесных частиц в прессмассе (табл. 2) определяли у фракций, взятых с сит, имеющих отверстия 1 и 2 мм. Объемы выборок – 50 частиц.

Таблица 2

Геометрические размеры частиц прессмассы

| Параметр | Диаметр отверстий сита, мм. | |
|----------|-----------------------------|-----|
| | 1 | 2 |
| Длина | 3,6 | 8,1 |
| Ширина | 1,4 | 1,7 |
| Толщина | 0,3 | 0,5 |

* по терминологии авторов.

На основании данных табл. 1 и 2 можно сказать, что степень измельчения сырья в цехе соответствовало традиционной технологии изготовления ЛУДП. Более того, основная масса древесных частиц (примерно 70 %) имеет продолговатую форму и размер по толщине 2 мм и мельче (вместо традиционных 3 мм и мельче) и значительное содержание (20,6 %) пылевидных частиц. Все это позволяло надеяться на получение из них плит с высокими техническими свойствами.

При проектировании сушилки в кипящем слое приняты следующие решения:

— для изменения подачи влажной прессмассы в камеру сушки привод подающего шнекового транспортера оборудован вариатором;

— для предотвращения образования «пробок» из прессмассы изменен наклон шнекового транспортера с таким расчетом, чтобы прессмасса направлялась в камеру сушки под небольшим углом снизу вверх (а не сверху вниз или горизонтально, как у известных сушилок);

— с целью улучшения контроля процесса кипения смотровые окна изнутри оборудованы устройством для очистки стекол от налипших частиц коры и древесины.

Известно, что увеличение давления прессования способствует улучшению прочности ЛУДП. Однако в цехах ЛУДП (даже в цехе, пущенном в эксплуатацию в 1990 г. в пос. Сибирцево Приморского края) устанавливали пресс с невысоким удельным давлением прессования — до 2,5–3,0 МПа. Это обуславливалось тем, что наша промышленность не изготавливала широкоформатных прессов с более высоким удельным давлением прессования, приемлемым по цене для установки их в цехах ЛУДП.

В 1991 г. Днепропетровский завод прессов начал изготавливать относительно недорогой пресс марки Д-7044 с удельным давлением до 9,0 МПа с размерами плит пресса: длина – 2,5 м, ширина – 1,2 м. Количество полок (этажей) – 11 и 18.

Представляло практический интерес для более тонкого измельчения сырья использовать выше упомянутую вакуумную мельницу и запрессовать из полученной прессмассы ЛУДП на прессе Д-7044 при удельном давлении 8,5 МПа (немного меньшим предельного). Мы надеялись, что при определенной влажности прессматериала получаемые ЛУДП будут иметь особенно высокие технические свойства. Упомянутый пресс и был установлен в цехе Соликамска.

Удачно с помощью вакуумприсосок был решен вопрос снятия запрессованных плит с поддона и подачи их на форматную обрезку.

Для исследования качества получаемых в нем ЛУДП нами в присутствии представителей цеха были отобраны образцы плит. Плиты имели различную окраску от коричневой (темно-коричневой) до светло-желтой. Результаты их испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

Физико-механические свойства плит

| Показатели | Партии плит цеха АО «Сатурн» | | | | | ДВП марки СТ _с -500 |
|--|------------------------------|---------------|------------------|------------------|------|---------------------------------|
| | 1 | 2 | | 3 | 4 | |
| | | Светлая кайма | Основная площадь | Основная площадь | | |
| Плотность, кг/м ³ | 1130 | 1170 | 1330 | 1234 | 1270 | 950, не менее 49,0, не менее |
| Предел прочности при статическом изгибе, МПа | 19,7 | 27,9 | 30,0 | 35,2 | 48,0 | |
| Разбухание за 24 ч, % | 116,0 | 51,6 | 8,5 | 9,4 | 5,8 | 15,0, не более 20, не более |
| Водопоглощение за 24 ч, % | 118,0 | 64,4 | 9,6 | 15,4 | 8,6 | |

Примечания: 1 – плиты светло-желтые (брикеты); 2, 3 и 4 – плиты коричневые и темно-коричневые на окраске; ДВП по ТУ 13-444-79

Анализируя результаты испытаний (см. табл. 3), можно заключить, что используя упомянутое выше оборудование, можно получать плиты с очень хорошими физико-механическими свойствами. Лучшие технические показатели у ЛУДП партии 4. По прочности при статическом изгибе они незначительно уступают сверхтвердым ДВП марки СТ-500 по ТУ 13-444-83 у ЛУДП партии 4-48 МПа (против 49 МПа у ДВП).

Показатели плотности, разбухания и водопоглощения у ЛУДП партии 4 соответствуют упомянутому ДВП. Однако присутствие светлой каймы (зоны брикета) в готовом продукте (см. табл. 3, партия плит 2) недопустимо. Эта кайма совершенно неводостойкая и переводит в брак всю продукцию, она должна удаляться при форматной обрезке.

Светло-желтые по окраске пластики (партия 1) изготавливать нежелательно. Они менее прочные и совершенно неводостойкие. Во время запрессовки этих плит не проходят процессы образования ЛУДП. Обуславливается это несоблюдением технологического регламента (по влажности прессмассы, уровню температуры, продолжительности прессования и др.).

Следует отметить, что прессмасса в цехе систематически пересушивалась. При проверке она была на уровне 5,4 %, т.е. на 3–4 % ниже требуемой (8–10 %). Это отрицательно отражалось на качестве готового продукта.

В табл. 4 приведены результаты определения гигиенической характеристики продукции цеха ЛУДП в Соликамске Пермским областным центром Госсанэпиднадзора РФ.

Таблица 4

Гигиеническая характеристика продукции

| Показатель | Фактическое выделение вредных веществ в воздух (мг/м ³) | Допустимое содержание по РД 52.04. 186-89 (мг/м ³) |
|--------------|---|--|
| Формальдегид | 0,003 | 0,01 |
| Аммиак | 0,036 | 0,2 |
| Фенол | 0 | 0,01 |

Данные табл. 4, свидетельствуют о том, что получаемые плиты имеют хорошие санитарно-гигиенические свойства. Изготовленные в соответствии с технологическим регламентом плиты можно использовать, например, для отделки стен в жилых зданиях.

Анализируя в целом результаты производства ЛУДП в цехе Соликамска, можно заключить, что ряд принятых в нем решений можно использовать при проектировании будущих цехов.

А.С. Федоренчик
 БГТУ, Минск, РБ
Д.М. Гайдукевич
 БГАТУ, Минск, РБ
 fedor@bstu.unibel.by

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЛЛЕТ НА БАЗЕ
 ИМПОРТНОГО ГРАНУЛЯТОРА
 (TECHNOLOGY OF PRODUCING PELLETS ON THE BASE
 OF IMPORT GRANULATOR)**

Анализируется технологический процесс производства топливных гранул. Предложены технологические схемы построения процесса пеллетного производства на основе комплекта оборудования стоимостью ниже зарубежных аналогов.

The analysis of the technological process of production fuel pellets. Flow diagrams for constructing the process of pellet production on the basis of the equipment cost lower than foreign counterparts.

Производство топливных гранул в ближайшее время будет вносить значительный вклад в общую стратегию развития возобновляемых источников энергии, поскольку этот вид топлива является реальной альтернативой каменному углю и нефти, по своим теплотворным характеристикам не уступает им, а экологические параметры пеллет вне конкуренции*.

Как правило, в Беларуси производители пеллет стратегически рассматривают три основных варианта построения технологического процесса. В основе первого используется отечественное оборудование, изначально предназначенное для производства комбикормов и травяной муки и требующее модернизации. Таким образом решается вопрос снижения первоначальных затрат на организацию производства. Во втором варианте используется составной комплект оборудования, большая часть которого имеет зарубежное происхождение. Такой подход хотя и дороже, но позволяет получать высокое качество производимой продукции с большей производительностью. В основе третьего варианта технологии – комбинация первого и второго подходов. При этом у западных производителей закупается лишь важнейшее специализированное оборудование для производства пеллет.

Общим для приведенных вариантов производства пеллет являются небольшие объемы производства, ориентированные на собственные отходы деревообработки и сельского хозяйства и размещенные в непригодных или переоборудованных помещениях.

Наработанный в стране опыт производства топливных гранул на основе бывшего в употреблении оборудования, вместе с тем, позволяет получать продукцию по своим качественным показателям соответствующую европейским стандартам. Месячный объем выпуска продукции данных производств от 200 до 600 тонн, они недостаточно совершенны, но на их основе можно разработать более прогрессивную технологическую документацию и наладить выпуск оборудования для этих целей. Стоимость комплекта технологического оборудования будет значительно ниже стоимости зарубежного аналога, а срок окупаемости составит около 3–4 лет.

В предложенной нами схеме (рис. 1), построения пеллетного производства в качестве базового оборудования использован гранулирующий пресс фирмы Sprout Matador (Дания). Обеспечение технологического процесса теплом осуществляется за счет сжигания части перерабатываемого сырья в теплогенераторе собственной конструкции, отличающегося простым конструктивным исполнением и высоким КПД.

Подготовленный полуфабрикат в виде щепы загружается в лоток (1). При помощи двух гидроцилиндров (2) свободный конец лотка поднимается вверх, поворачиваясь относительно шарнира (3). В результате этого полуфабрикат под действием собственного веса направляется на поперечный конвейер (4). Полотно конвейера, движущееся с заданной скоростью, подтягивает биологическую смесь к отбойному битеру (5), который отбрасывает назад излишки полуфабриката. Оставшийся на полотне слой полуфабриката битером (6) подается на шнековый транспортер (7) и далее на скребковый транспортер (8). На транспортере (8) битер (9) формирует определенную толщину слоя полуфабриката, которая далее поступает во вращающийся относительно соевой продольной оси сушильный барабан (10). Одновременно в сушильный барабан (10) поступает поток теплоносителя, образующийся следующим образом.

* Федоренчик А.С., Ледницкий А.В. Стратегия развития мировой лесной биоэнергетики // Энергоэффективность. 2011. № 7. С. 17–19.

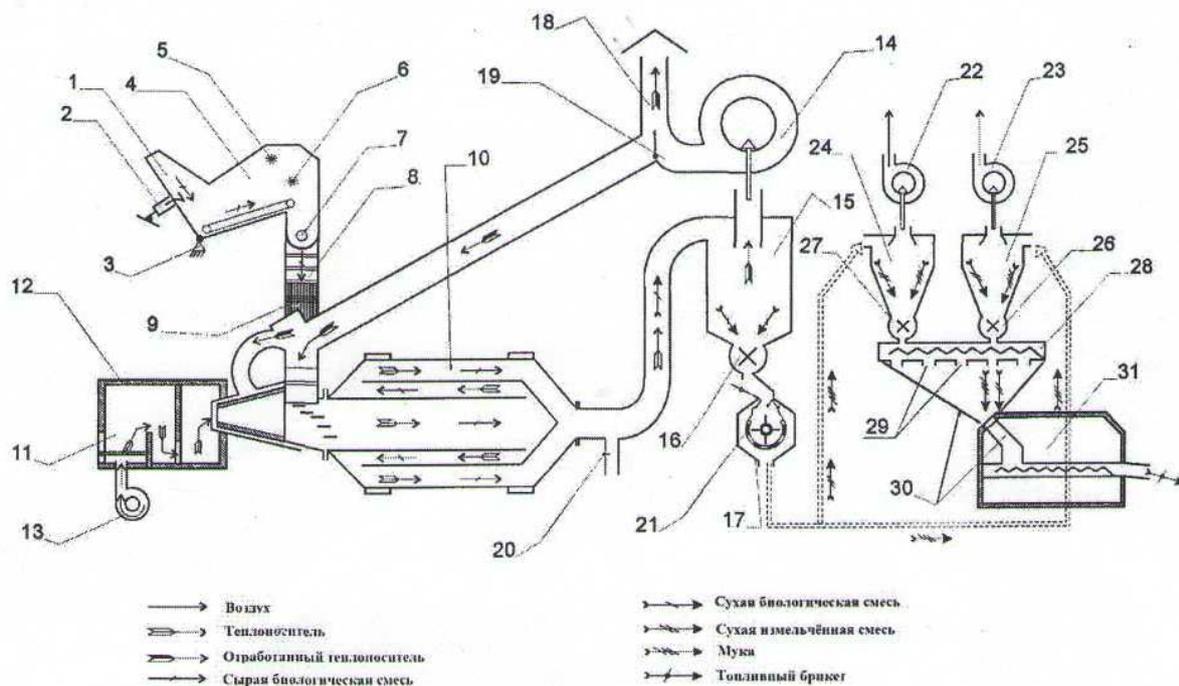


Рис. 1. Технологическая схема процесса производства топливных гранул

В результате сгорания кусковых древесных отходов в камере (11) топки (12) образуются топочные газы. Перемешиваясь с воздухом, подаваемым нагнетающим вентилятором (13) и засасывающим вентилятором (14) цикло на системы отвода сухой массы (15), газы образуют теплоноситель, температура которого $90\text{--}120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Передвигаясь в потоке теплоносителя по вращающемуся относительно своей продольной оси сушильному барабану (10) полуфабрикат постепенно высыхает до влажности $8\text{--}10\%$. Сухие частицы потоком теплоносителя выносятся в циклон системы отвода сухой массы (15), в котором отделяются от теплоносителя и через шлюзовой затвор (16) поступают в дробилку (17). Теплоноситель с температурой порядка $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ через выхлопную трубу (18) вентилятором (14) выбрасывается в атмосферу. При температуре обработанного теплоносителя $50\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$ включается в систему рециркуляции. Для этого необходимо открыть заслонку (19). В систему рециркуляции подается около 60% обработанного теплоносителя. Тяжелые частицы и посторонние предметы отделяются отборщиком (20).

Такая организация процесса позволяет добиться равномерной сушки полуфабриката за счет быстрого выноса высохших частиц из зоны высоких температур.

Измельченная в дробилке (17) сухая масса через решетку (21) потоком воздуха вентиляторов (22) и (23) подается в циклоны (24) и (25). В последних сухая масса отделяется от воздуха, и, пройдя через шлюзовые затворы (26) и (27), попадает на шнековый транспортер (28). Из шнекового транспортера (28) сухая измельченная древесная масса через окна (29) и направляющий бункер (30) поступает в пресс (31). Процесс брикетирования осуществляется без использования связующих материалов, а только за счет рабочего давления, равного 600 бар . На выходе из пресса получается гранулированный продукт. Диаметр гранулы зависит от применяемой насадки (8 или 10 мм), а длина колеблется в пределах от 10 до 40 мм .

Использование в качестве исходного сырья отходов мебельных производств, сельскохозяйственных отходов, в частности, соломы, позволяет сократить затраты и

время на производство пеллет. Это достигается за счет сокращения производственного процесса, поскольку нет необходимости предварительной сушки сырья. Солома и перечисленные виды отходов имеют оптимальную влажность и без сушки готовы для прессования. Таким образом, технологическая схема может быть значительно упрощена и скомпонована их набора оборудования, представленного на рис. 2, где дополнительно использован наклонный скребковый конвейер (позиция А).

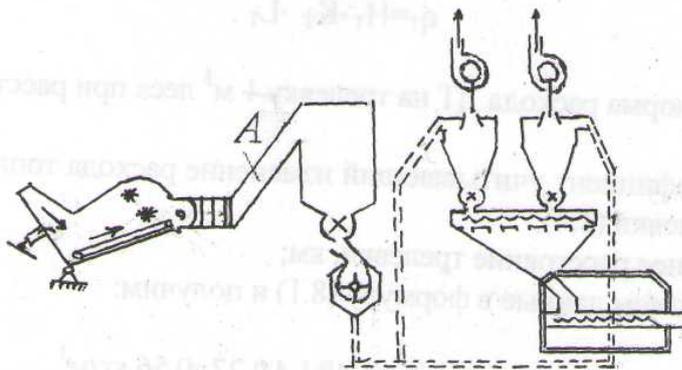


Рис. 2. Технологическая схема процесса производства топливных гранул из отходов влажностью до 12 %

В качестве универсальной технологической схемы, позволяющей производить топливные пеллеты как из сырья, требующего предварительной сушки, так и из сырья, влажность которого находится в пределах 12–14 %, предлагается комбинированная технологическая схема, включающая набор оборудования, представленного на рис. 1 и 2.

О.И. Костюк, А.П. Фридрих
БГТУ, Минск, РБ

ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ ШЛИФОВАНИЯ (TECHNOLOGY MECHNICAL MACHINING AT GRINDING WOOD)

В работе изложены результаты промышленных экспериментов по внедрению нового способа заготовки сортиментов с целью сохранения продуктивности лесной среды и синхронизации работы лесных комплексов по производительности. Приведены технологические схемы заготовки сортиментов, используя систему харвестер и форвардер. Дано обоснование повреждения хвойного подростка на лесосеке при обрезке сучьев и раскряжевке. Выявлено снижение цикловой производительности харвестера и обеспечение повышения загрузки системы машин.

The article is dedicated to particularity of the processing wood and slabby material by method grinding. It is described theoretical base grinding wood and polishing instrument different scientist in this direction. In article are considered main schemes grinding wood. To he pertain grinding with flat zone of the contact, with band wheel by part (cylindrical), with free tape, with pressed (narrow and broad ironing). In work is described nature of the construction of the polishing instrument, material abrasive, ways bulding of abrasive grain.

Введение. Важнейшими задачами деревообрабатывающей промышленности являются:

1. Экономия электроэнергии, применение рациональных энергосберегающих режимов резания.
2. Повышение производительности, качества и точности обрабатываемой продукции.
3. Рациональное использование древесины и древесных плитных материалов.

В настоящее время в мировой практике мебельного, столярно-строительного и других производств широко используется большое количество разнообразных станков и линий на основе комбинации способов фрезерования и шлифования. Основное внимание уделяется конструктивному совершенствованию моделей станков, построению рациональных технологических потоков на их базе с учетом режимов их эксплуатации. Деревообрабатывающая промышленность с каждым годом увеличивает выпуск изделий из древесных плитных материалов.

Основная часть. Шлифованием называется процесс абразивной обработки с преобладанием резания поверхности детали с целью ее выравнивания до плоского состояния, придания ей высокой гладкости и калибрования щитовых деталей. Различают ленточное, цилиндрическое и дисковое шлифование с целью ее выравнивания до плоского состояния, придания ей высокой гладкости и калибрования щитовых деталей. Различают ленточное, цилиндрическое и дисковое шлифования.

Шлифовальную шкурку можно рассматривать как многолезвийный инструмент с большим числом режущих элементов – абразивных зерен с режущими кромками. Зерна из электрокорунда, карбида кремния или других абразивных материалов посредством связки из животного клея, карбамидной или фенольной смолы связаны друг с другом и с основой из бумаги, ткани, фибры или комбинации этих материалов.

Номер зернистости характеризует крупность зерен основной фракции (части) зернового состава: для шлифзерна и шлифпорошков он соответствует размеру (в сотых долях миллиметра) стороны ячейки сита, на котором задерживаются зерна основной фракции; для микропорошков и тонких микропорошков он равен наибольшему линейному размеру (в микрометрах) зерна в поперечнике.

Основные параметры режима шлифования для шкурки выбранной зернистости: давление на шлифуемой поверхности, направление шлифования относительно волокон древесины, скорость резания, скорость подачи, длина контакта с древесиной.

Каждое абразивное зерно воздействует на древесину с элементарной касательной силой и нормальной [формула (1)]. Сумма этих элементарных сил составляет общую касательную силу F_{xi} и нормальную F_{zi} (рис. 1).

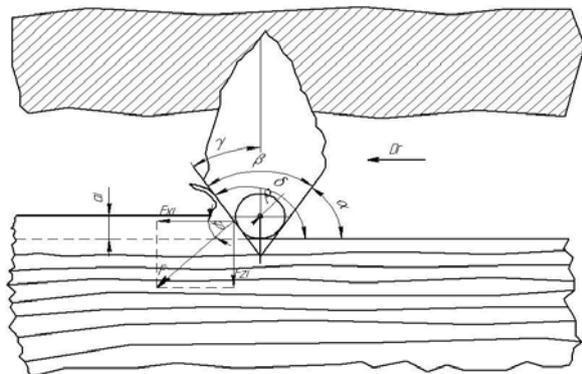


Рис. 1. Схема резания абразивным зерном

В виду того что процесс шлифования не имеет стабильных условий резания, касательную силу F_x рассматривают как функциональную силу трения, н:

$$F_x = Cq_i A, \quad (1)$$

где A – площадь контакта: $A = bl_k, \text{ м}^2$;

l_k – длина контакта шлифовальной шкурки;

b – ширина обрабатываемой заготовки;

C – коэффициент сцепления абразивов с древесиной [1].

Давление q в зоне контакта шлифовального инструмента с обрабатываемым материалом влияет на количество активных режущих зерен и на производительность инструмента.

Увеличение давления мало влияет на среднюю толщину срезаемых стружек и на шероховатость шлифовальной поверхности. По опытным данным, повышение давления в 50 раз приводит к увеличению глубины неровностей всего на 5–14 %. Практика и специальные исследования показывают, что при чистовом шлифовании наилучшее качество поверхности достигается при шлифовании вдоль волокон (угол скоса $\varphi_c = 0^\circ$). В чистовом шлифовании поверхности под высококачественную отделку допускается угол скоса не более 15° . При $\varphi_c > 15^\circ$, как, например, при обработке щитов, облицованных в елку или в ромб, требуется шлифование до получения поверхностей с микронеровностями высотой не более 6–8 мкм: только тогда следы от зерен будут незаметны. Черновое шлифование рамных столярно-строительных изделий с продольными и поперечными брусками рекомендуется при $\varphi_c = 45^\circ$. Встречается шлифование с углом скоса 90° , т.е. поперек волокон (обработка паркетных досок).

При ленточном шлифовании существует измеряемая по направлению оптимальная длина контакта шкурки с древесиной. Зерна шкурки могут срезать и уносить с поверхности изделия лишь то количество стружки, которое умещается в межзерновом пространстве. При чрезмерной длине контакта стружка постепенно заполняет все свободное пространство между зернами и оттесняет шкурку от изделия, из-за чего сьем древесины вначале сокращается, а затем прекращается. Оптимальная длина контакта не зависит от скорости шлифования, мало зависит от давления и породы древесины, но определяющим образом зависит от зернистости шкурки [2]. Соотношение стандартов зарубежных и отечественных шлифовальных материалов приведена в табл. 2.

Соотношение стандартов различных фирм-производителей шлифовальных материалов (зерно-оксид кремния черного)

| Стандарт FEPA | ГОСТ 3647-1980 | Размер зерна, мкм | Стандарт FEPA | ГОСТ 3647-1980 | Размер зер- на, мкм |
|------------------|-------------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------------|
| P12 | №160 | 1815 | P220 | №6 | 68 |
| P16 | №125 | 1324 | P240 | № 5 и 4 | 58,5 |
| P20 | №100 | 1000 | P260 | № M63 | 52,2 |
| P22 | №80 | 800 | P280 | № M50 | 46,2 |
| P24 | №63 | 764 | P320 | № M40 | 40,5 |
| P30 | - | 642 | P360 | № M28 | 35,0 |
| P36 | №50 | 538 | P400 | № M20 | 18,3 |
| P40 | №40 | 425 | P500 | № M14 | 15,3 |
| P50 | №32 | 336 | P600 | № M10 | 12,6 |
| P60 | №25 | 269 | P800 | № M7 | 8,4 |
| P80 | №20 | 201 | P1200 | № M5 | - |
| P100 | №16 | 162 | P1500 | № M3 | - |
| P120 | №12 | 125 | P2000 | № M2 | - |
| P150 | №10 | 100 | P2500 | № M1 | - |
| P180 | №8 | 82 | - | - | - |

Для шлифования весьма сложно заранее предсказать геометрию шлифовальной поверхности, т.к. распределение абразивных зерен в инструменте случайно и закономерно.

В производственной практике ожидаемую глубину неровностей на шлифованной поверхности, мкм, определяют по эмпирической формуле (2), мкм:

$$R_{m \max} = (110 \pm 20)(d_i / \gamma_n), \quad (2)$$

где d_i – размер зерен основной фракции зернистости, мм;

γ_n – плотность древесины, г/см³;

знак плюс – для острой шкурки, минус – для тупой.

Скорость резания при шлифовании древесины вычисляется согласно схемам процесса как окружная скорость на поверхности шкива, приводящего в движение ленту, цилиндра или диска. Проведенная глубина шлифования (толщина снимаемого слоя) за один проход представлена в формуле (3), мм:

$$t_i = \left(\frac{2}{3}\right)[R_{m \max(i-1)} - R_{m \max(i)}], \quad (3)$$

где $R_{m \max(i)}$ – средняя величина максимальных неровностей после обработки, мкм;

$R_{m \max(i-1)}$ – то же до обработки, мкм.

Для сохранения высокой производительности процесса детали шлифуют за два-три прохода, уменьшая от прохода к проходу зернистость шкурки.

Чтобы рассчитать скорость подачи для заданных условий шлифования, необходимо знать удельную производительность инструмента (шкурки). Удельная производительность шкурки $a_{ш}$ – это номинальный объем, см³, материала, удаляемого с 1 см² обрабатываемой поверхности при перемещении инструмента вдоль поверхности на 1 см. Следовательно, $a_{ш}$ имеет размерность см³/(см²см).

Удельную производительность шкурки $a_{ш}$ определяют по эмпирической формуле 4:

$$a_{ш} = 1,12 \cdot 10^{-6} \frac{q}{\gamma_n} \sqrt{d_i a_m a_n a_{\rho n}}, \quad (4)$$

где q – давление, кПа;

γ_n – плотность древесины, г/см³;

d_i – размер зерен основной фракции данного номера зернистости, мм;

a_m – поправочный множитель на вид материала абразива (электрокорунд – 1; кремень – 1,3);

a_n – поправочный множитель, характеризующий способ нанесения абразивных зерен на основу (гравитационный – 1; электростатический – 1,25); $a_{\rho n}$ – поправочный множитель, учитывающий остроту шкурки (острая – 1,4; средней остроты – 1; тупая – 0,7).

По известной $a_{ш}$ скорость подачи определяется по формуле (5), м/мин:

$$g_s = 6 \cdot 10^4 a_{ш} g(l_k / t_i). \quad (5)$$

При шлифовании различают общие касательную F_x , нормальную F_z и осевую F_y (например, при осциляции инструмента) силы, получающихся от сложения соответствующих сил на всех режущих абразивных зернах. Осевая сила из-за ее малости обычно не учитывается.

В расчетных формулах касательную силу определяют аналогично силе трения из-за определяющей роли процесса трения и поскольку нормальная сила резания F_z , формула (6), практически задается режимом шлифования как суммарная сила нормального давления по площади контакта f_k . Таким образом, Н:

$$F_x = F_z f_u; F_z = 0,1 q f_k, \quad (6)$$

где f_u – коэффициент шлифования, величина безразмерная;

q – давление по площади контакта, кПа;

$f_k = Bl_k$ – площадь контакта, см².

В зависимости от того, какая часть ленты участвует в работе и от характера контакта между древесиной и шлифовальной лентой, узколенточные станки делят на группы [3].

На широколенточных станках для выравнивания и чистовой обработки с обрабатываемой поверхностью удаляют местные неровности (до 300 мм по поверхности и до 0,2–0,4 мм по высоте) и снижают ее шероховатость (рис. 2).

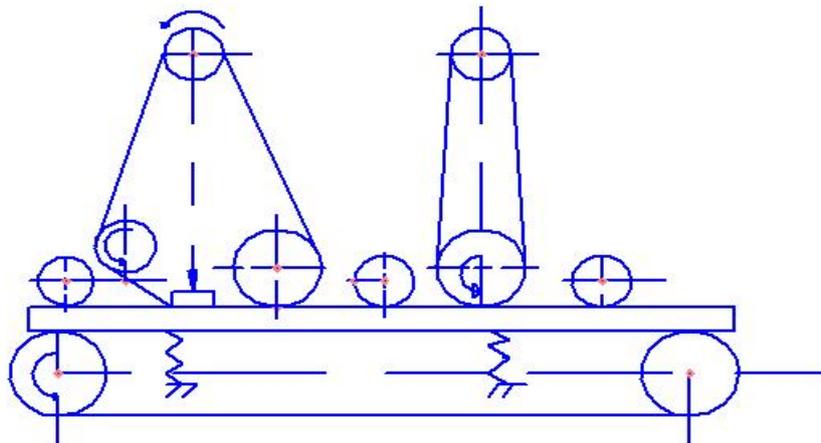


Рис. 2. Функциональная схема широколенточного шлифовального станка для выравнивания на чистовую обработку

Схемы узколенточных шлифовальных станков: а) с шкивной частью ленты; б) с неподвижным столом; в) с контактным прижимом широким утюжком; г) то же с узким утюжком представлены на рис. 3.

Станки со свободной лентой применяются для шлифования криволинейных деталей.

Станки с контактным прижимом делятся на две группы: с прижимом утюжком и шкивной частью.

Из числа первых можно выделить станки, в которых используется узкий утюжок размером меньше обрабатываемой детали, устанавливаемый на каретке, и станки, в которых длина утюжка больше детали, подаваемой на конвейере.

Абразивный материал может быть природного (гранат, наждак) или искусственного происхождения (карбит кремния, электрокорунд –оксид кремния), шлифовальная лента представлена на рис. 4.

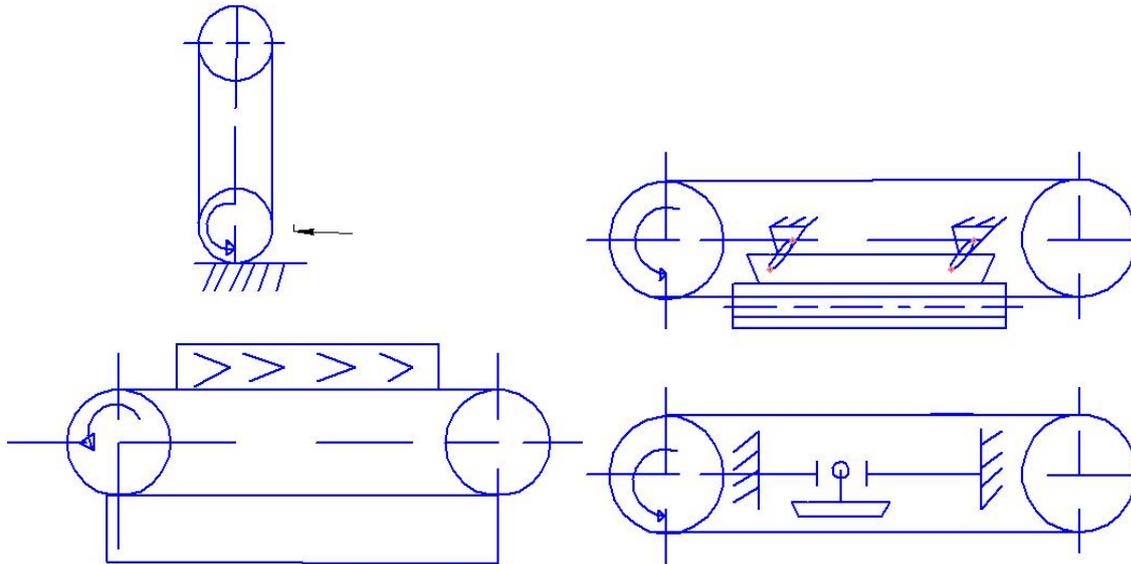


Рис. 3. Схемы узколенточных шлифовальных станков: с шкивной частью ленты; с неподвижным столом; с контактным прижимом широким утюжком; то же с узким утюжком

Насыпка абразивного материала на основу может осуществляться механически (поля гравитации) или по электростатическому полю (действие кулоновских сил). Различают 100 %-ю (плотную насыпку), 75 %-ю и 50 %-ю (редкую насыпку) [4].

Таким образом, шлифование необходимо производить в последовательных циклах, начиная с крупного абразивного зерна, при каждом цикле применять более мелкое абразивное зерно, что позволит добиться более качественной шлифовки.

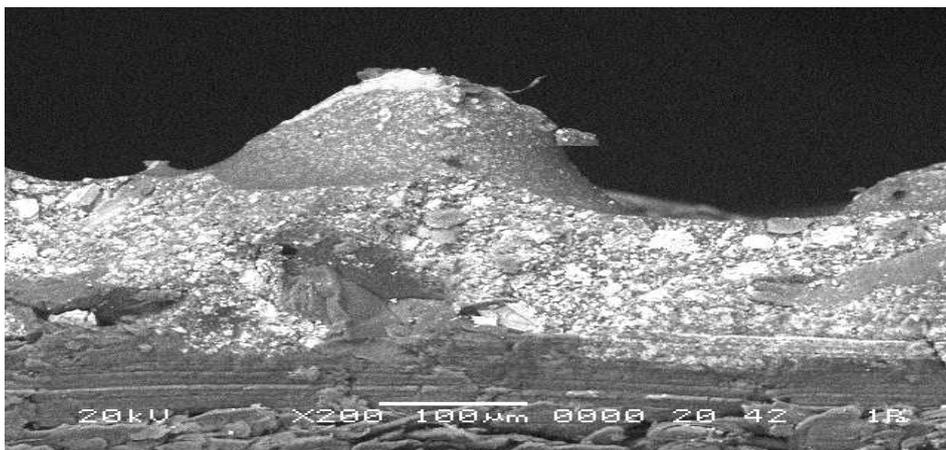


Рис. 4. Шлифовальная лента P80 при увеличении под микроскопом

Большие успехи в рассмотрении механической обработки древесины и древесных плитных материалов методом шлифования имели различные ученые как зарубежные, так и отечественные. Большую роль шлифованию древесины уделяли отечественные исследователи В.В. Амалицкий, Н.В. Маковский, В.И. Любченко, А.А. Пижурин и т.д.

Заключение. По результатам проведенного литературного обзора и изучения практического опыта можно сделать следующие выводы:

1. Существует целесообразность выполнения научно-исследовательских работ по изучению динамики процесса шлифования древесных материалов.

2. Есть необходимость в установлении физико-механических закономерностей расхода энергоносителя при выполнении процесса шлифования с получением установленного качества (шероховатости) обработанной поверхности и с учетом расхода абразивного инструмента и его производительности.

Библиографический список

1. Бершадский А.Л. Резание древесины / А.Л. Бершадский, А.И. Цветкова. – Минск: Вышш. шк., 1975;
2. Амалицкий В.В. Оборудование отрасли: учебник / В.В. Амалицкий, В.В. Амалицкий. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 584 с.
3. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов / В.И. Любченко. – М.: Лесн. пром-сть, 1986.
4. Грубэ А.Э. Дереворежущие инструменты / А.Э. Грубэ. – М.: Лесн. пром-сть, 1971.

*Е.Е. Швамм, Л.Г. Швамм
УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ
lschwamm@mail.ru*

К ВОПРОСУ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОЦИЛИНДРОВАННЫХ БРЕВЕН (TO THE MANUFACTURING QUESTION OTSILINDROVANNYKH OF LOGS)

В статье изложены требования к точности изготовления деталей из оцилиндрованных бревен с учетом требований к исходному сырью и обеспечения точности геометрических параметров в строительстве.

In article requirements to accuracy of manufacturing of details from otsilindrovannyykh of logs in the account of requirements to initial raw materials and maintenance of accuracy of geo-metric parameters in building are stated.

Оцилиндрованные бревна — достаточно широко распространенный стеновой материал, используемый для строительства жилья — могут быть изготовлены как из массивной, так и из клееной древесины. В данном случае рассматриваются оцилиндрованные бревна, изготовленные из массивной древесины естественной влажности. Этот материал не нашел отражения в существующей системе государственных стандартов и др. нормативной документации. Опубликованные технические условия на оцилиндрованные бревна, как правило, не соответствуют требованиям ГОСТа 2.114-70 ни по со-

держанию, ни по изложению. Для оцилиндрованных бревен и деталей из них очень важными являются геометрические размеры и точность их выполнения.

Точность изготовления оцилиндрованного бревна. Допуски и отклонения, характеризующие точность строительных и монтажных работ, назначаются проектом производства работ в зависимости от заданного класса точности (определяемого функциональными, конструктивными, технологическими и экономическими требованиями) и определяются по ГОСТу 21779-82 и СНиП 3.03.01-87.

Угловое соединение оцилиндрованных (профилированных) бревен, как правило выполняется в «чашу» с остатком (рисунок). При этом ГОСТ 30974 рекомендует следующие соотношения углового соединения: радиус «чаши» – $D/2$ (D – диаметр оцилиндрованного бревна), ширина цилиндрического венцового паза – $b \geq 0,5D$, длина остатка – $L = 1,4D$, минимальное расстояние от верхней точки «чаши» до образующей бревна – $h = D/2$.

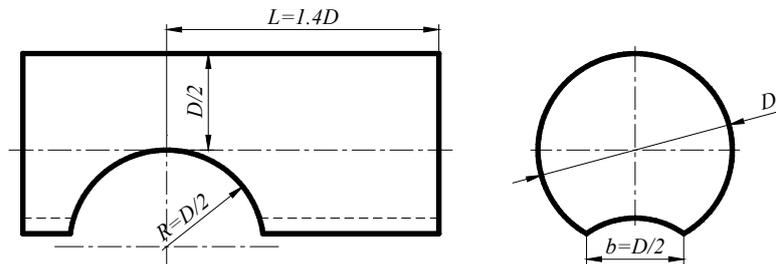


Схема рекомендуемых параметров оцилиндрованного бревна по ГОСТу 30974

Отклонения от вертикали и горизонтали. Согласно Приложению 3 ГОСТа 21779, для вычисления значения единицы допуска рекомендуется использовать выражение, мм:

$$i = \alpha_i (0,8 + 0,001\sqrt{L})(\sqrt[3]{L + 25}) + 0,01\sqrt[3]{L^2} = 9,38, \quad (1)$$

где α_i – коэффициент допуска линейного размера, равный $\alpha_i = 1,0$;

L – расстояние между двумя ориентирами, в нашем случае $L = 1000$ мм.

Допуск линейного размера $i = 9,38$ мм при $L = 1000$ мм находится между 6 и 7 классом точности (таблица 2 ГОСТа 21779-82), что соответствует 17 качеству ГОСТа 6449.1-82.

С учетом рекомендаций ГОСТа 30974 допуск на радиус «чаши» должен быть симметричным и равен 6 мм независимо от диаметра бревна, что соответствует 17 качеству ГОСТа 6449.1-82. Кроме допуска на радиус чаши для углового соединения не менее важным является допуск на перпендикулярность оси «чаши» продольной оси бревна. Для 6 класса точности (ГОСТ 21779-82) допуск перпендикулярности для размеров до 250 мм составляет 5 мм, а для 7 класса – 8 мм. Следует принять допуск равным 6 классу точности (ГОСТ 21779-82) – 5 мм – или 17 степени точности (ГОСТ 6449.2-82).

Допуск на расстояние между осями «чашек» на бревнах, у которых их количество более 1, может быть вычислен по выражению (1) при численном значении коэффициента допуска размера $\alpha_i = 0,6$. Например: для расстояния между осями «чаш», равном 2500 мм, допуск на размер для 4 класса точности равен 8,8 мм, для 5 класса – 14,1 мм. По ГОСТу 6449.1-82 эти значения соответствуют 15 и 16 качеству.

В качестве исходного сырья для изготовления оцилиндрованных бревен используются лесоматериалы круглые, преимущественно из древесины сосны, ели, пихты, ли-

ственницы 1 и 2 сортов диаметром от 14 до 24 мм. Допускается использовать и более крупные лесоматериалы.

Качество поверхности. ГОСТ 7016-82 устанавливает следующие параметры оценки шероховатости поверхности: Rm_{max} ; Rm ; Rz ; Ra . Для поверхностей, полученных пилением, фрезерованием, точением целесообразно использовать параметры – Rm_{max} , Rm , Rz . Для поверхностей, полученных шлифованием и полированием, – Ra . Для оцилиндрованных бревен наиболее целесообразно Rm_{max} . Наличие или отсутствие ворсистости и мшистости на обработанных поверхностях или возможности доработки поверхности с целью устранения этих пороков указывается в технической документации. Кроме того, следует учитывать, что требования к шероховатости поверхности не включают требований к механическим повреждениям и порокам.

*Е.Е. Швамм, Л.Г. Швамм
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
lschwamm@mail.ru*

ВЕСОВОЙ УЧЕТ ЛЕСНЫХ ТОВАРОВ (THE WEIGHT ACCOUNT OF THE WOOD GOODS)

В статье изложены недостатки учета и отчетности по лесоматериалам при погрузке их на железнодорожный транспорт. Обоснованы расхождения при учете лесоматериалов весовым методом.

In the clause lacks of accounting and the reporting on forest products are stated at on-gрузке them on a railway transportation. Discrepancies are proved at accounting lesomaterialov by a weight method.

Учет и отчетность по лесоматериалам преимущественно осуществляется в m^3 , m^2 или штуках, в то время как при погрузке на железнодорожный транспорт основной учет – масса груза.

Правила приема груза на железнодорожном транспорте сформированы на основании статьи 3 Федерального закона от 10 января 2003 г. № 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации». П. 12 Правил устанавливает следующее положение: «Прием к перевозке лесных грузов... производится с указанием в накладной наряду с массой груза количества обрешеток, пакетов, штабелей». А в п. 13: «При предъявлении грузов для перевозки грузоотправитель указывает в накладной их массу и предельную погрешность ее измерения...».

Исходя из вышеуказанного, при перевозке лесоматериалов необходимо в накладной указывать массу груза и предельную погрешность ее измерения.

Нормативной базой весового метода может служить ОСТ 13-59-82 «Лесоматериалы круглые. Весовой метод определения объема и оценки качества». В этом случае, массу лесоматериалов при транспортировке груза автомобильным и железнодорожным транспортом определяют как разность между массой брутто и массой тары (автомобиля, вагона и т.п.). Для перевода массы груза в объем используют плотность древесины. Объем лесоматериалов в партии определяется по формуле:

$$V = \frac{m}{k},$$

где m – масса партии лесоматериалов, определяемая взвешиванием, т;
 k – коэффициент перевода (плотности) массы лесоматериалов в объем, т/м³.

Значение переводного коэффициента k зависит от местоположения лесного массива, климатических условий, времени года, породного состава, сроков хранения, условий транспортировки лесоматериалов и может меняться в пределах 0,45–1,2 т/м³.

Значения коэффициента могут быть определены экспериментальным путем (весьма трудоемким и не всегда возможным) или по таблицам указаний Государственного таможенного комитета от 21.01.1994 года 01-13/723 «Порядок таможенного контроля круглых лесоматериалов».

Но и в этом случае основным фактором, влияющим на коэффициент перевода (плотности) массы древесины, является влажность лесоматериалов, которая даже в одной партии может сильно изменяться.

Расхождение результатов с данными других товаросопроводительных документов не должно превышать 5 %. При этом изменение влажности древесины только на 10 %, например, для сосны, может дать ошибку в 5–7 %.

Измерение влажности круглых лесоматериалов производится в соответствии с ГОСТом 17231-78 «Лесоматериалы круглые. Методы определения влажности». Стандарт распространяется на круглые и колотые лесоматериалы и устанавливает методы сушильно-весового определения влажности. В соответствии с требованиями этого стандарта из лесоматериала выпиливают образец в виде поперечного среза длиной вдоль волокон 10–15 мм на расстоянии от торца не менее 5 толщин. Из круглого лесоматериала выпиливают один, а из колотого – два образца, расположенные рядом. Из лесоматериала длиной менее 10 толщин выпиливают образец посередине. Количество отобранных образцов должно быть четным, причем сумма длин четных и нечетных образцов по отдельности должна быть не менее 200 мм. Для лесоматериалов, имеющих ядро, сумма длин заболонной и ядровой частей по отдельности для четных и нечетных образцов должна быть не менее 200 мм. Метод требует наличия весов с погрешностью взвешивания не более 0,01 г и сушильный шкаф, обеспечивающий постоянную температуру $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$, а также эксикатор с гигроскопическим веществом. Метод отличается продолжительностью процедур (min 6–8 часов).

Измерение влажности пиломатериалов должно производиться в соответствии с требованиями ГОСТа 16588-91 «Пилопродукция и деревянные детали. Методы определения влажности». Стандарт распространяется на пилопродукцию и деревянные детали хвойных и лиственных пород и устанавливает три метода определения влажности пилопродукции или деталей: рабочий – с использованием электровлагомера, контрольный и ускоренный сушильно-весовой.

Рабочий метод с использованием электровлагомера применяют для пилопродукции и деталей с влажностью от 7 до 28 %. Метод не требует вырезки образцов и не распространяется на определение влажности мерзлой или подвергшейся глубокой пропитке пилопродукции и деталей.

Контрольный сушильно-весовой метод применяют при любой влажности пилопродукции и деталей, а также при решении спорных вопросов и при отсутствии влагомера. Метод требует вырезки образцов. Ускоренный сушильно-весовой метод применяют при необходимости оперативного контроля влажности пилопродукции и деталей и при отсутствии влагомера.

Последние два метода требуют вырезки образцов и наличия сушильного шкафа, обеспечивающего температуру высушивания $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и $(120 \pm 2) ^\circ\text{C}$, а также весов с

погрешностью взвешивания не более 0,1 г и отличаются продолжительностью процедур (min 6–8 часов).

Массовые замеры влажности отдельных сортиментов приводят к увеличению трудоемкости и значительным затратам времени.

Весовые характеристики экспортируемых материалов могут быть получены расчетным путем для известной влажности, плотности и объема древесины при использовании известных аналитических выражений.

Все сказанное выше позволяет сделать следующий вывод по использованию весового метода:

- получение достоверных результатов по объему лесоматериалов возможно только при условии определения реальной влажности древесины;
- определение веса лесоматериалов требует затрат времени и дополнительного оборудования;
- метод не гарантирует сходимости результатов по массе груза фактической с товаросопроводительными документами.

А.Г. Гороховский, Е.Е. Шишкина
УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ
elenashishkina@yandex.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОЗДУХА В ЛЕСОСУШИЛЬНОЙ КАМЕРЕ (DETERMINATION OF RATE OF NATURAL CIRCULATION OF AIR IN STOVE)

В работе приведена методика расчёта скорости естественной циркуляции агента сушки на основе турбулентных струй. Скорость естественной циркуляции главным образом определяется линейной тепловой мощностью нагревателя и толщиной высушиваемых пиломатериалов и может достигать 1 м/с.

This paper describes a method of calculating the rate of natural circulation of the drying agent on the basis of turbulent jets. The rate of natural circulation is mainly determined by the linear heat capacity of the heater and thick dried lumber and can reach 1 m/s.

Весь объем расчетов сушильной камеры обычно условно разбивают на два больших блока [1]: теплотехнический расчет и аэродинамический расчет.

При этом теплотехнический расчет выполняют для определения потребности тепла на сушку материала, а также необходимой мощности теплового и аэродинамического оборудования.

Методика расчетов весьма подробно описана в целом ряде изданий [2–5] и приводить ее еще раз, на наш взгляд нет необходимости. В то же время при расчете камер с естественной циркуляцией наиболее остро встает вопрос с определением, в первую очередь, скорости циркуляции.

В основе разработанных методик определения параметров, в первую очередь, скорости естественной циркуляции [2, 3], лежит гидравлическая теория движения газов, разработанная В.Е. Грум-Гржимайло [3].

Согласно [2], процесс циркуляции возникает вследствие разности весов столбов воздуха, охлажденного в штабеле и нагретого в калорифере (рис. 1).

Статический напор, создаваемый при этом, равен, Н/м^2 :

$$\Delta P_{cm} = Hg(\rho_{cp.шт} - \rho_1), \quad (1)$$

где H – высота столба нагретого воздуха, м;

ρ_1 – плотность воздуха, нагретого в калорифере (на входе в штабель), кг/м^3 ;

$\rho_{cp.шт}$ – средняя плотность воздуха в штабеле, кг/м^3 .

Среднюю плотность воздуха в штабеле можно определить как:

$$\rho_{cp.шт} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}, \quad (2)$$

где ρ_2 – плотность воздуха на выходе из штабеля, кг/м^3 .

С учетом (2) перепишем (1) в виде:

$$\Delta P_{cm} = Hg\left(\frac{\rho_2 - \rho_1}{2}\right). \quad (3)$$

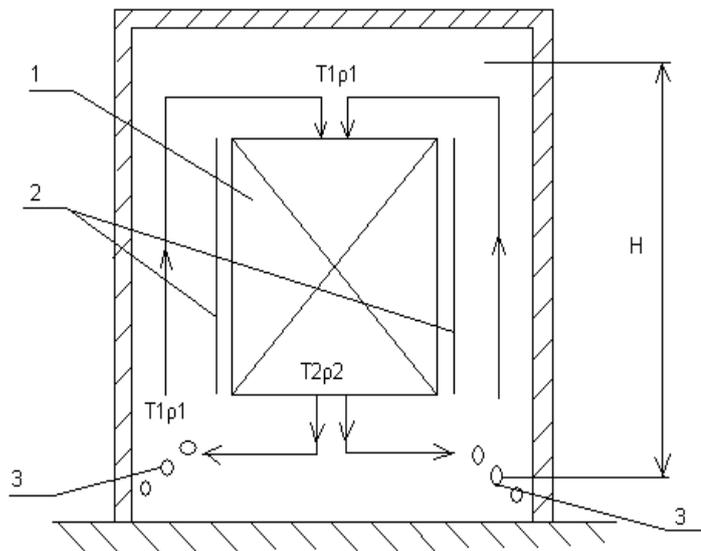


Рис. 1. Схема естественной циркуляции воздуха в лесосушильной камере:
1 – штабель; 2 – экраны; 3 – калориферы

Проходя через штабель пиломатериалов, воздух насыщается влагой и охлаждается. Первое уменьшает плотность воздуха, второе увеличивает ее. Если учесть, что по данным [3] влияние охлаждения примерно в 10 раз больше, чем насыщения влагой, то для некоторых упрощений в дальнейшем этим будем пренебрегать, т. е. принимаем:

$$\rho_1 = f(T_1); \quad \rho_2 = f(T_2), \quad (4)$$

где T_1, T_2 – абсолютные значения температуры воздуха, соответственно на входе в штабель и выходе из него, $^{\circ}\text{C}$.

Согласно [8] скорость воздуха может быть определена из уравнения

$$H(\rho_{cp.шт} - \rho_1) = \rho_{cp.шт} \frac{V^2}{2g} \Sigma \xi, \quad (5)$$

где V – скорость движения воздуха, м/с;

$\Sigma \xi$ – сумма коэффициентов сопротивлений движению воздуха.

Таким образом в свое время была разработана достаточно обстоятельная методика определения параметров естественной циркуляции воздуха в лесосушильных камерах. Однако в свете современных представлений данная методика устарела и не учитывает некоторых новых представлений об аэродинамике, например наличия помимо статического напора столба нагретого воздуха динамического напора в плоской струе над нагревателем.

Динамическая составляющая напора появляется в результате возникновения над источником тепла (калорифером) свободной плоской конвективной струи (рис. 2). Автором теории свободных конвективных струй является Г.Н. Абрамович [6].

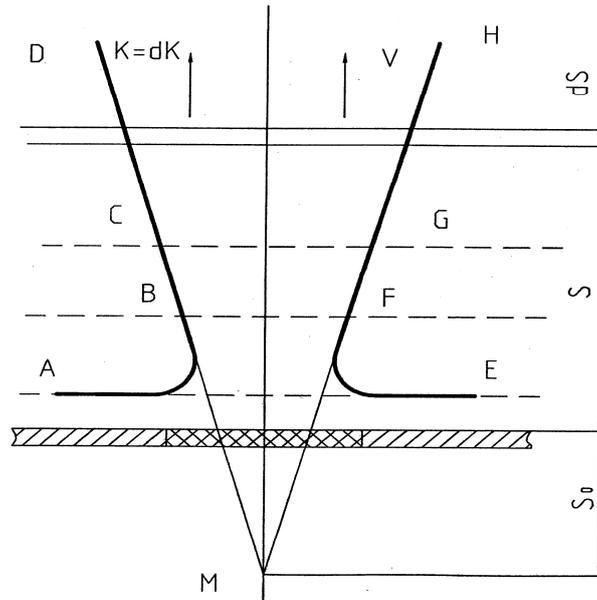


Рис. 2. Схема свободной конвективной струи

От нагретой поверхности воздух поднимается вертикально вверх и образует струю с искривленными границами ABCD и EFGH.

В конвективной струе различают три участка: разгонный ABFE, переходный BCGF и основной DCGH. Сечение BF называют сжатым сечением, а сечение CG – переходным.

На разгонном участке в основном проявляются архимедовы силы, под действием которых скорость движения непрерывно нарастает. На переходном участке происходит перестройка полей скоростей и температур в поля этих же величин основного участка. Границы основного и переходного участка FGH и BCD при их продолжении пересекаются в некоторой точке M, называемой полюсом конвективной струи. Угол бокового расширения θ переходного и основного участков струи, как и для изотермических струй, равен $12^{\circ} 25'$.

Если выделить в струе на расстоянии S от источника тепла элементарный слой толщиной ds , то применительно к этому объему можно написать уравнение количества движения в проекциях на оси струи:

$$dK = - dR_a, \quad (6)$$

где K – количество движения, проходящего через сечение, удаленное на расстояние S от источника тепла;

R_a – архимедова сила.

Количество избыточного тепла по длине струи сохраняется постоянным:

$$Q = Q_0, \quad (7)$$

где Q – избыточное количество тепла, проходящего через сечение, удаленное на расстоянии S от источника тепла в единицу времени, кВт;

Q_0 – количество конвективного тепла, выделяемого источником тепла в единицу времени, кВт.

Начало координат поместим посередине верхней границы источника тепла, а ось абсцисс S направим вверх по оси струи.

Полуширину струи определим по формуле:

$$B = (S - S_0)tg\theta = 0,22(S - S_0), \quad (8)$$

где $S_0 = -2 B_0$ – абсцисса полюса струи.

Среднюю скорость в поперечном сечении струи находим, используя уравнение количества движения, приходящегося на единицу длины источника тепла:

$$K = \beta\rho 2BV_{cp}^2, \quad (9)$$

отсюда, м/с,

$$V_{cp} = \sqrt{\frac{K}{\beta\rho 2B}}, \quad (10)$$

где β – коэффициент Буссинеска, м·с;

$\rho = \rho_1$ – плотность окружающего струю воздуха, кг/м³.

Заменяя B согласно (8), получим, м/с:

$$V_{cp} = \sqrt{\frac{K}{0,44\beta\rho_1(S - S_0)}}. \quad (11)$$

После преобразований:

$$V_{cp} = \sqrt[3]{\frac{gQ_0}{0,44c\beta\beta\Delta t\rho_1T_1}}. \quad (12)$$

Определим порядок величины, развиваемой в струе скорости.

Если принять $T_1 = 353 \text{ }^0K$, при этом $\rho_1 = 0,878 \text{ кг/м}^3$ (при $\varphi = 0,6$), то, учитывая, что $C \approx 1 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^0C)$, а $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, и согласно [7]: $\beta = 1,56 \text{ м} \cdot \text{с}$; $\beta\Delta t = 1,36 \text{ с}^{-1}$.

Получим, м/с:

$$V_{cp} = 0,324 \sqrt[3]{Q_0}. \quad (13)$$

Если учесть, что линейная мощность применяемых в лесосушильных камерах калориферов составляет 5–10 кВт, то величина скорости может составить, м/с:

$$V_{cp} = 0,55 - 0,7,$$

т.е. величина скорости в струе весьма ощутима.

Определим теперь величину динамического напора, аналогично (1) с учетом (2):

$$\Delta P_{дин} = \left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{4}\right) V_{cp}^2 = \sqrt[3]{\frac{g^2 Q_0^2 (\rho_1 - \rho_2)^3}{12,4\beta^2 \beta_{\Delta t}^2 c^2 \rho_1^2 T_1^2}}. \quad (14)$$

При этом суммарный напор:

$$\Sigma \Delta P_n = \Delta P_{ст} + \Delta P_{дин}, \quad (15)$$

или, Н,

$$\Delta P_n = \left[\frac{\rho_2 - \rho_1}{2} Hg + \sqrt[3]{\frac{g^2 Q_0^2 (\rho_1 + \rho_2)^3}{12,4\beta^2 \beta_{\Delta t}^2 c^2 \rho_1^2 T_1^2}} \right] S_k, \quad (16)$$

где S_k – площадь нагнетательных каналов, м².

После преобразований получим [7, 8], м/с:

$$V_u = \sqrt{\frac{S_k \left(H_0 \frac{S_2 - S_1}{2} + \sqrt[3]{12,4 \beta^2 \beta_{\Delta t}^2 c^2 \rho_1^2 T_1^2} \right)}{S_{um} \left(\frac{\rho_1 + \rho_2}{4} + \frac{\lambda \rho_1 h_{um}}{2 d_{экг}} \right)}}. \quad (17)$$

Принимаем:

$\rho_1 = 0,878 \text{ кг/м}^3$, $\rho_2 = 0,909 \text{ кг/м}^3$, $T_1 = 353 \text{ }^\circ\text{C}$, $H = 3 \text{ м}$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, $Q_0 = 10 \text{ кВт/м}$,
 $c = 1 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$, $h_{um} = 2,5 \text{ м}$, $\lambda = 0,032$, $\beta = 1,56 \text{ м} \cdot \text{ с}$, $\beta_{\Delta t} = 1,36 \text{ с}^{-1}$, $d_{экг} = 0,049 \text{ м}$, $S_k = 6 \text{ м}^2$.

Полученные в результате расчета значения скорости циркуляции приведены в табл. 1.

Данные табл. 1 показывают, что при выбранной конструкции штабеля [9] скорость циркуляции определяется, главным образом, толщиной пиломатериалов, подвергающихся сушке.

Таблица 1

Скорость естественной циркуляции агента сушки в штабеле пиломатериалов

| Толщина доски, мм | 19 | 22 | 25 | 32 | 40 | 50 | 60 | 75 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Скорость циркуляции, м/с | 0,717 | 0,742 | 0,761 | 0,813 | 0,878 | 0,926 | 1,004 | 1,076 |

Проведенное теоретическое исследование позволяет сделать следующий вывод:

Скорость естественной циркуляции в лесосушильной камере, главным образом, определяется линейной тепловой мощностью нагревателя и толщиной высушиваемых пиломатериалов и может достигать 1, а не 0,15–0,2 м/с, как считалось ранее [1].

Библиографический список

1. Кречетов И.В. Сушка древесины / И.В. Кречетов. – М.: Лесная пром-сть, 1977.
2. Андропова Н.А. Сушка и сушилка для дерева / Н.А. Андропова. – М.: ОНТИ, 1936.
3. Грум-Гржимайло В.Е. Основы правильной конструкции сушил / В.Е. Грум-Гржимайло // Изв. Горного института. – Свердловск. – Вып. 7. 1920.
4. Богданов Е.С. Расчет, проектирование и реконструкция лесосушильных камер / Е.С. Богданов. – М.: Экология, 1993.
5. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины / Г.С. Шубин. – М.: Лесная пром-сть. 1990.
6. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович. – М.: Физматиздат, 1960.
7. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции / В.Н. Талиев. – М.: Стройиздат, 1979.
8. Гороховский А.Г. Лесосушильные камеры с естественной циркуляцией воздуха / А.Г. Гороховский, Е.Е. Шишкина. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2007.
9. Агапов В.П. Устройство для сушки пиломатериалов / В.П. Агапов, А.Г. Гороховский // Патент РФ № 37815 от 10.05.2004.

**С.Б. Шишкина, И.В. Яцун,
Ю.И. Ветошкин, Ю.С. Грачева**
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
shesveta.81@mail.ru

**СПОСОБ ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ПРИДАНИЯ ИМ РЕНТГЕНОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ
(THE METHOD OF REFINING THE SURFACE
COMPOSITE PLATE MATERIALS TO MAKE THEM
X-RAY PROTECTIVE PROPERTIES)**

Предложен способ облицовывания плитных композиционных материалов с защитным слоем на основе природного минерала с целью получения рентгенозащитных свойств и улучшения эстетического вида.

A method for wrapping of plate composite protective layer on the basis of natural mineral in order to obtain X-ray protective properties and improve the esthetic appearance.

В настоящее время в производстве мебели и строительстве наибольшее применение находят листовые композиционные материалы, которые используются в качестве конструкционных и облицовочных материалов, перегородок, в оформлении жилых, административных и производственных помещений. Простота монтажа, высокие эксплуатационные характеристики и оптимальное соотношение цены и качества делают данную группу материалов наиболее востребованной. Однако наряду с перечисленными положительными свойствами в чистом виде (без отделки и облицовывания) плитные древесные материалы практически не применяются в силу низких декоративно-эстетических показателей и используются на стадии «черновой отделки».

Для придания изделиям индивидуальных художественных форм, улучшения товарного вида, расширения области применения и повышения конкурентоспособности на рынке необходимо качественно улучшить и разнообразить эстетический вид предлагаемой продукции.

Облагораживание поверхности плитных материалов может осуществляться многими способами: облицовыванием фасадных поверхностей шпоном ценных пород, синтетическим шпоном, декоративными пленками, непрозрачной отделкой лакокрасочными материалами и т.д.

Относительно новым методом декорирования является тиснение, сущность которого заключается в нанесении на фасадные плоские поверхности рельефных композиций, полученных прессованием. В основе метода лежит способность некоторых материалов получать остаточные деформации при определенном давлении и температуре. Рельефы могут быть выпуклыми, вогнутыми и комбинированными, что позволяет формировать различную текстуру, от сочетаний простейших геометрических фигур, имитации поверхности натуральной древесины, до сложных растительных орнаментов. Рельеф поверхности является точной копией рисунка матрицы. При наличии набора матриц можно быстро и с небольшими затратами изготовить достаточно широкий ассортимент мебельных фасадов.

На кафедре МОД предложен способ облицовывания листовых композиционных материалов, представляющих собой древесную подложку (ДВП, фанера), облицованную защитным слоем с последующим рельефным тиснением поверхности конструкционного материала. Облицовочный материал, содержащий минеральный наполнитель,

связующее и воду, обладает хорошими декоративными свойствами и показателями остаточных деформаций, что позволяет получить качественное тиснение самых сложных узоров и текстур.

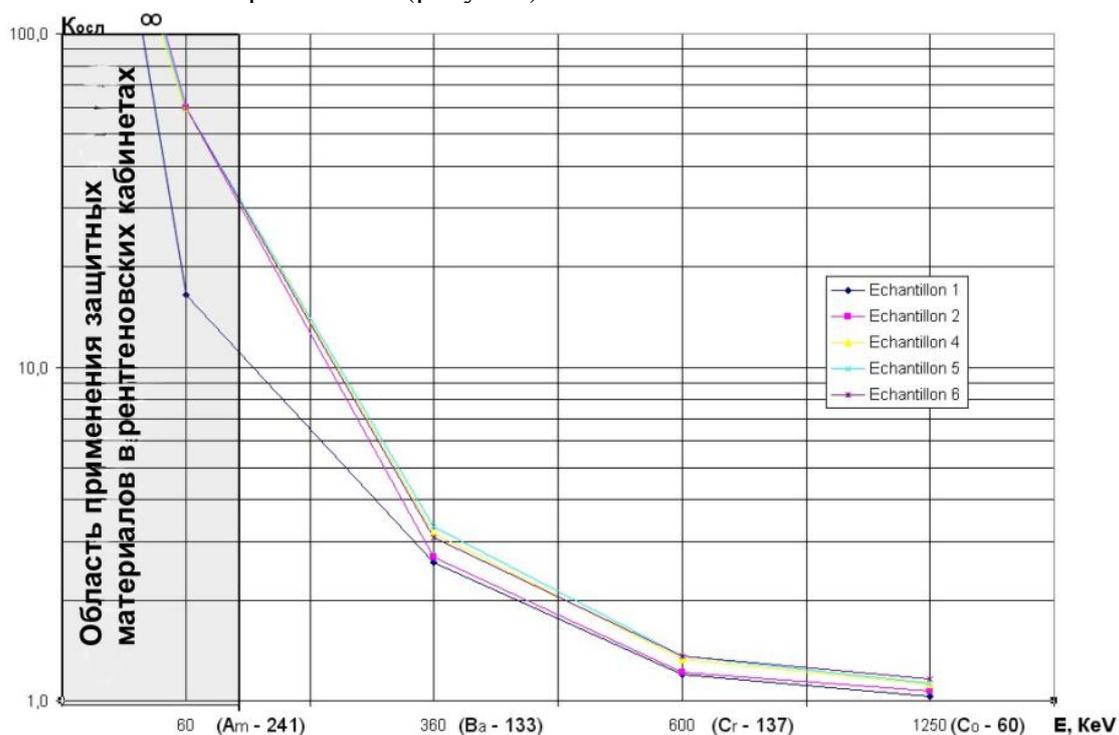
Технологический процесс облицовывания композиционных материалов состоит из следующих операций:

- подготовка защитного слоя;
- сушка защитного слоя;
- раскрой плит (листовых композиционных материалов);
- нанесение клея на подложку;
- формирование пакетов;
- прессование пакетов и создание рельефа на поверхности;
- технологическая выдержка;
- формирование лакокрасочного декоративного покрытия;
- сушка покрытия;
- чистовой раскрой по формату на заданный типоразмер;
- контроль качества;
- упаковка, маркировка.

В лабораторных условиях были получены следующие параметры технологического режима облицовывания (совмещенного с тиснением):

| | |
|------------------------------------|---------|
| удельное давление прессования, МПа | 10-12 |
| температура плит пресса, °С | 50-75 |
| время выдержки в прессе, мин | 3-5 |
| глубина тиснения, мм | 1,6 |
| расход клея, г/м ² | 100-200 |

Используя метод оценки цифровых изображений [1], были определены защитные свойства полученного композиционного рентгенозащитного материала, рекомендована область его применения (рисунок).



Определение защитных свойств композиционного материала
(с указанием области применения в зависимости от мощности излучения)

По итогам работы можно сделать следующие выводы:

- защитный слой на основе природного минерала имеет высокие показатели рентгенозащитных свойств при мощности излучения в диапазоне 20–100 KeV;
- облицовочный материал, полученный методом тиснения можно рекомендовать для придания декоративных свойств различным монолитным и композиционным конструкционным материалам;
- использование защитного слоя на основе природного минерального наполнителя позволяет расширить область применения композиционных материалов с рентгенозащитными свойствами [2], в частности при отделке помещений и изделий специального назначения (перегородок, ширм, жалюзи и т.п.).

Библиографический список

1. Шишкина С.Б. Определение защитных свойств от рентгеновского излучения лакокрасочной композиции на основе природного минерала / С.Б. Шишкина, К.С. Соломенин, И.В. Яцун // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. труды евразийского симпозиума. – Екатеринбург. – 2010. – С. 141–144.
2. Ветошкин Ю.И. Конструкции и эксплуатационно-технологические особенности композиционных рентгенозащитных материалов на основе древесины: монография / Ю.И. Ветошкин, И.В. Яцун, О.Н. Чернышев; – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 148 с.

С.Б. Якимович, М.А.Тетерина
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
jak.55@mail.ru, tetatet-marya@mail.ru

СОХРАНЕНИЕ ПОДРОСТА И СИНХРОНИЗАЦИЯ МАШИН В СИСТЕМЕ «ХАРВЕСТЕР – ФОРВАРДЕР» (UNDERGROWTH CONSERVATION AND SYNCHRONIZATION OF MACHINES IN SYSTEM «HARVESTER – FORWARDER»)

В работе изложены результаты промышленных экспериментов по внедрению нового способа заготовки сортиментов с целью сохранения продуктивности лесной среды и синхронизации работы лесных комплексов по производительности. Приведены технологические схемы заготовки сортиментов, используя систему харвестер и форвардер. Дано обоснование повреждения хвойного подроста на лесосеке при обрезке сучьев и раскряжевке. Выявлено снижение цикловой производительности харвестера и обеспечение повышения загрузки системы машин.

The article contains results of experiments on the introduction a new method of harvesting assortments, allowing keeping the forest environment and synchronizing harvesting machines in performance. The technological scheme of harvesting machines assortments system harvester and forwarder. Substantiated damage growth on felling for limbing and crosscut. Defined slow performance and increase the harvester system loading machines.

Результаты проведенных промышленных экспериментов [1, 2] свидетельствуют, что несогласованность по производительности транспортных и обрабатывающих машин в системах для заготовки сортиментов достигает 60 %. При этом единовременная потребность в таких комплектах для России составляет около 4000 шт., а стоимость одного комплекта примерно 25 млн рублей. Изложенное подтверждает недостаточную эффективность применяемых отраслевых методик рационального комплектования систем, в соответствии с которыми согласование машин по производительности (синхронизация) выполняется посредством управления целочисленными переменными – количеством машин,

коэффициентом сменности. Кроме того, методики, обеспечивающие одновременно синхронизацию машин и сохранение продуктивности лесной среды, отсутствуют.

Управление схемами и приемами работы машин в лесозаготовительных системах обеспечивает сохранение продуктивности лесной среды, а также определяет их производительность. В связи с изложенным разработан новый способ заготовки сортиментов [3], обеспечивающий синхронизацию машин и сохранение подроста. Для оценки эффективности способа выполнены опытно-промышленные рубки [4].

Условия и методика оценки эффективности нового способа заготовки сортиментов

Экспериментальная оценка эффективности нового способа заготовки сортиментов выполнена в июле 2011 г. на территории Акчимского участкового лесничества ГКУ «Вайское лесничество» на базе арендуемых лесных участков (квартал 240, делянка № 5, выдел 7, площадь 24,4 га) и парка машин (харвестер John Deer 1270, форвардер John Deer 1410, операторы с опытом работы 3 года) ОАО «Соликамскбумпром» в следующих природно-производственных условиях: состав древостоя БЭЗПБ+К, запас 150 м³/га, уклон 5°, ширина волоков 5 м.

Заготовка сортиментов выполнялась традиционным (рис. 1) и патентно защищенными способами (рис. 2, 3). При заготовке сортиментов традиционным способом поваленное дерево размещалось в направлении, перпендикулярном оси волока. При этом порубочные остатки располагались как на волоке, так и на пасаеке в зоне размещения кроны поваленного дерева. Заготовка сортиментов патентно защищенным способом осуществлялась следующим образом. Харвестер 1 выполнял валку деревьев 3 вперед (см. рис. 2, а) или назад (см. рис. 3, а) под углом к волоку 2, обеспечивающим направленную валку вершиной на волок. Кроме того, при валке комлевая часть дерева поднималась над землей манипулятором 4 харвестера. После валки поднятая над землей комлевая часть поваленного дерева 5 переносилась к волоку (см. рис. 2, б, 3, б) таким образом, чтобы обеспечить компактное расположение сортиментов в пачках 7 за пределами куртин подроста 6. В том случае если переноса комлевой части поваленного дерева по направлению к волоку было недостаточно для соблюдения указанных условий, осуществлялся переезд харвестера и подтаскивание дерева вдоль волока. Затем выполнялась обрезка сучьев и раскряжевка. При этом сучья и вершины 8 располагались на волоке (см. рис. 2, б, 3, б).

С целью количественной оценки эффективности мер по сохранению подроста при заготовке сортиментов описанными способами выполнено обследование естественного возобновления леса под пологом и после рубки [4]. Учет естественного возобновления проводился глазомерно-измерительным способом [5]. Обследование проводилось на прямоугольных пробных площадках размером 20 м² (длина 5 м, ширина 4 м). Под пологом леса учет выполнен на 32 пробных площадках, после рубки по традиционному способу – на 30 площадках, по патентно защищенному – на 28. В связи с тем, что сохранение подроста на волоках невозможно, также выполнена оценка количества и сохранности подроста на пасаеках.



Рис. 1. Технологическая схема заготовки сортиментов традиционным способом:

- 1 – харвестер; 2 – волок;
- 3 – стоящие деревья; 4 – сортименты;
- 5 – поваленное дерево;
- 6 – подрост; 7 – порубочные остатки

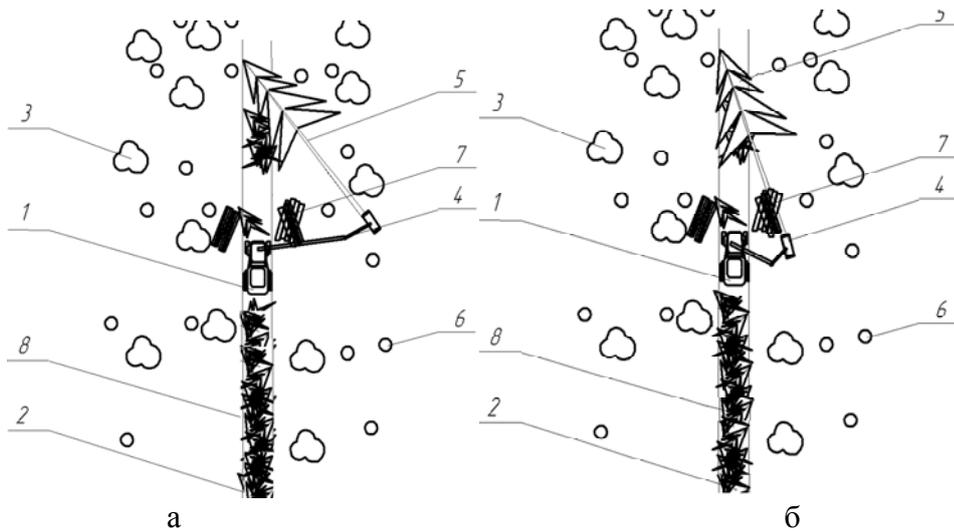


Рис. 2. Технологическая схема заготовки сортиментов способом по патенту РФ № 2365093 (а – валка стоящего перед машиной дерева, б – обрезка сучьев и раскряжевка дерева, поваленного на расположенную перед машиной часть волока):

- 1 – харвестер; 2 – волок; 3 – стоящие деревья; 4 – манипулятор харвестера;
5 – поваленное дерево; 6 – куртины подроста; 7 – пачки сортиментов;
8 – порубочные остатки

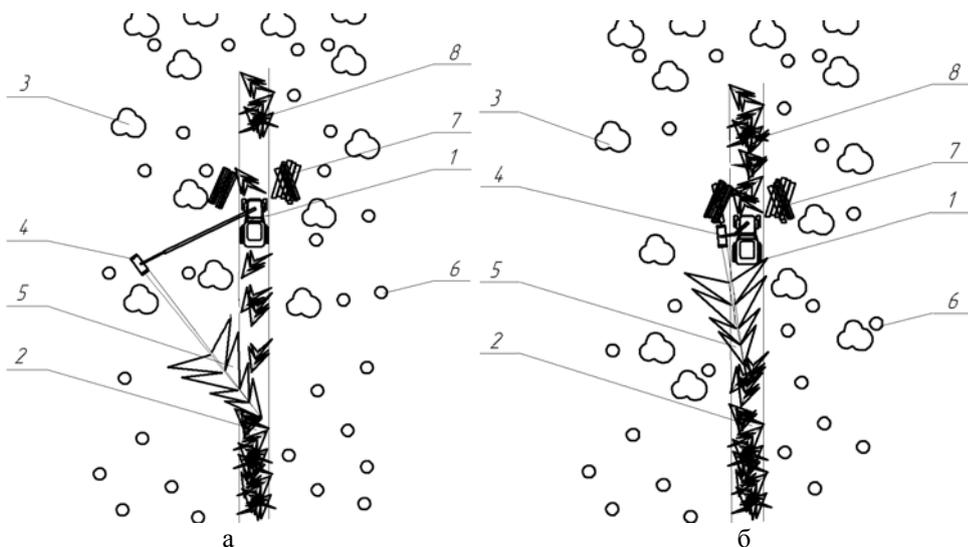


Рис. 3. Технологическая схема заготовки сортиментов способом по патенту РФ № 2365093 (а – валка стоящего за машиной дерева; б – обрезка сучьев и раскряжевка дерева, поваленного на расположенную за машиной часть волока):

- 1 – харвестер; 2 – волок; 3 – стоящие деревья; 4 – манипулятор харвестера;
5 – поваленное дерево; 6 – куртины подроста; 7 – пачки сортиментов;
8 – порубочные остатки

Исследование синхронизации машин в системе при работе по указанным способам реализовано по методике активного эксперимента. В качестве факторов рассматривались расстояние трелевки L , м и рейсовая нагрузка форвардера Q , шт., в качестве отклика – процент простоев машин в системе P . Для анализа зависимости между откли-

ком и факторами использована модель второго порядка и соответствующий центральный ротатбельный композиционный план [4]. Фиксирование соответствующих случайных параметров технологического процесса выполнено на основе показаний информационной системы Timbermatic харвестера и ТМС форвардера.

Результаты обследования естественного возобновления леса

Результаты обследования естественного возобновления под пологом леса и после заготовки древесины традиционным и патентно защищенным способами, представленные в табл. 1, свидетельствуют о среднем по густоте [5] лесовозобновлении как под пологом (4,6 тыс. шт/га), так и после заготовки сортиментов способом по патенту (2,9 тыс. шт/га). После заготовки традиционным способом сохраняется редкое лесовозобновление (1,7 тыс. шт/га). Среднее по густоте возобновление хвойных пород (3,5 тыс. шт/га) сохраняется также после заготовки патентно защищенным способом (2,8 тыс. шт/га), после заготовки традиционным способом возобновление хвойных пород классифицируется как редкое (1,3 тыс. шт/га). Доля жизнеспособного подроста в общем количестве хвойного подроста под пологом леса составила 70 % (3,5 тыс. шт/га при количестве хвойного подроста 5 тыс. шт/га). После рубки по традиционной технологии жизнеспособный подрост составил 62 % (1,3 тыс. шт/га при количестве хвойного подроста 2,1 тыс. шт/га), после рубки по патентно защищенному способу – 72 % (2,8 тыс. шт/га при количестве хвойного подроста 3,9 тыс. шт/га).

В соответствии с «Правилами лесовосстановления» [6] для условий Северо-Уральского района характеристика сохраненного подроста после заготовки сортиментов патентно защищенным способом (количество жизнеспособного подроста ели и пихты при оценке с учетом коэффициентов пересчета мелкого и среднего подроста в крупный – 2,2 тыс. шт/га) обеспечивает естественное лесовосстановление путем мероприятий по сохранению подроста. После заготовки сортиментов традиционным способом требуется минерализация почвы или комбинированное лесовосстановление (количество жизнеспособного подроста ели и пихты при оценке с учетом коэффициентов пересчета мелкого и среднего подроста в крупный – 0,9 тыс. шт/га).

Сравнительный анализ сохранности подроста (табл. 2) свидетельствует, что патентно защищенный способ обеспечивает ее повышение. Особенно значительно повысилась сохранность жизнеспособного хвойного подроста на пасаках – на 49 % (с 47 % до 96 %). Таким образом, заготовка сортиментов способом по патенту РФ № 2365093 обеспечила соблюдение требований п. 51 «Правил заготовки древесины» [7] по сохранению подроста «...хозяйственно-ценных пород на площадях, не занятых погрузочными пунктами, трассами магистральных и пасечных волоков, дорогами, производственными и бытовыми площадками, в количестве не менее 70 % при проведении сплошных рубок». При этом заготовка сортиментов традиционным способом соблюдение данных требований не обеспечила.

Таблица 1

Количество подроста под пологом леса и после заготовки древесины традиционным способом и способом по патенту РФ №2365093, тыс. шт/га

| Вид подроста | Под пологом леса | После заготовки древесины традиционным способом | После заготовки древесины способом по патенту РФ № 2365093 |
|--------------------|------------------|---|--|
| Подрост | 6,1 | 2,6 | 4,1 |
| Хвойный подрост | 5,0 | 2,1 | 3,9 |
| Подрост березы | 1,1 | 0,5 | 0,2 |
| Подрост на пасаках | - | 3,3 | 5,0 |

| Вид подроста | Подпологом леса | После заготовки древесины традиционным способом | После заготовки древесины способом по патенту РФ №2365093 |
|---|-----------------|---|---|
| Хвойный подрост на пасаках | - | 2,7 | 4,8 |
| Жизнеспособный подрост | 4,64 | 1,72 | 2,9 |
| Сомнительный подрост | 0,92 | 0,53 | 0,8 |
| Нежизнеспособный подрост | 0,52 | 0,3 | 0,4 |
| Жизнеспособный хвойный подрост | 3,53 | 1,3 | 2,8 |
| Сомнительный хвойный подрост | 0,92 | 0,5 | 0,7 |
| Нежизнеспособный хвойный подрост | 0,52 | 0,3 | 0,4 |
| Жизнеспособный хвойный подрост на пасаках | - | 1,65 | 3,4 |
| Сомнительный хвойный подрост на пасаках | - | 0,7 | 0,9 |
| Нежизнеспособный хвойный подрост на пасаках | - | 0,37 | 0,5 |
| Мелкий подрост | 2,33 | 1,0 | 1,1 |
| Средний подрост | 2,72 | 1,0 | 2,2 |
| Крупный подрост | 1,03 | 0,6 | 0,8 |

Таблица 2

Сохранность подроста после заготовки древесины традиционным способом и способом по патенту РФ №2365093, %

| Вид подроста | После заготовки древесины традиционным способом | После заготовки древесины способом по патенту РФ №2365093 | Разность |
|---|---|---|----------|
| Подрост | 43 | 67 | 24 |
| Хвойный подрост | 42 | 78 | 36 |
| Подрост на пасаках | 54 | 82 | 28 |
| Хвойный подрост на пасаках | 54 | 96 | 42 |
| Жизнеспособный хвойный подрост | 37 | 79 | 42 |
| Сомнительный хвойный подрост | 54 | 76 | 22 |
| Нежизнеспособный хвойный подрост | 58 | 77 | 19 |
| Жизнеспособный хвойный подрост на пасаках | 47 | 96 | 49 |
| Сомнительный хвойный подрост на пасаках | 76 | 98 | 22 |
| Нежизнеспособный хвойный подрост на пасаках | 71 | 96 | 25 |

Результаты исследования синхронизации машин в системе

Анализ результатов исследования синхронизации машин в системе (табл. 3) при работе по указанным способам выполнен на модели второго порядка с оценкой главных эффектов и эффектов взаимодействия. По результатам дисперсионного анализа [4] установлено, что статистически значимыми являются линейные эффекты расстояния транспортировки L , м и рейсовой нагрузки форвардера Q , шт., и квадратичный эффект расстояния транспортировки (рис. 4, 5).

При работе по новому способу процент простоев более производительного харвестера снижается в среднем на 11 %, что связано с повышением средней продолжительности получения одного сортимента харвестером с 22,60 секунд при работе по традиционному способу до 26,82 секунд при работе по патентно защищенному способу. Снижение производительности харвестера при работе по патентно защищенному способу сравнительно с традиционным связано с более тщательным выполнением опера-

тором приемов заготовки сортиментов и отсутствием навыка работы по данному способу, а также со снижением ширины пасаки с 18–19 метров до 16–17.

Таблица 3

Результаты экспериментального исследования синхронизации машин в системе

| № опыта | Рейсовая нагрузка форвардера Q , шт. | Расстояние трелевки L , м | Процент простоев P при заготовке сортиментов традиционным способом | Процент простоев P при заготовке сортиментов способом по патенту РФ № 2365093 |
|---------|--|-----------------------------|--|---|
| 1 | 70 | 200 | 38,4 | 26,9 |
| 2 | 70 | 600 | 59,6 | 52,1 |
| 3 | 120 | 200 | 30,8 | 15,9 |
| 4 | 120 | 600 | 48,5 | 38,9 |
| 5 | 60 | 400 | 54,5 | 45,9 |
| 6 | 130 | 400 | 39,6 | 28,3 |
| 7 | 95 | 117 | 27,5 | 12,4 |
| 8 | 95 | 683 | 5,6 | 47,7 |
| 9(С) | 95 | 400 | 45,2 | 35,0 |
| 10(С) | 95 | 400 | 45,5 | 35,3 |

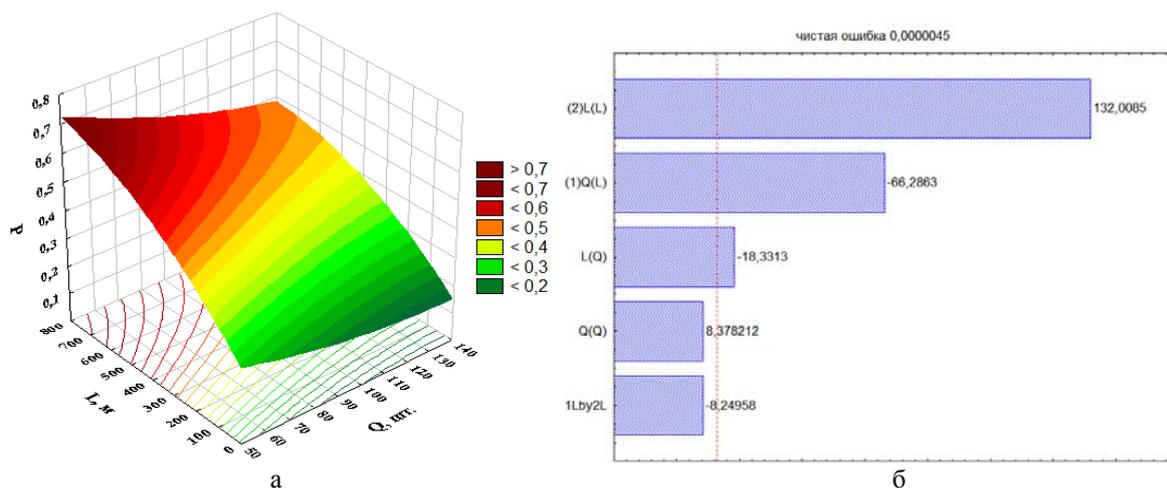


Рис. 4. График поверхности отклика (а) и карта Парето (б) эффектов факторов эксперимента по синхронизации при заготовке сортиментов традиционным способом

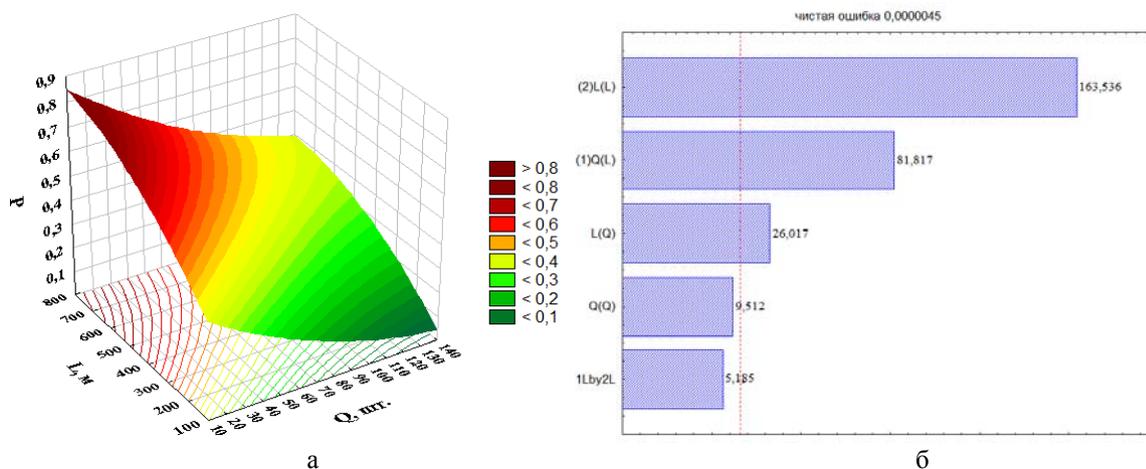


Рис. 5. График поверхности отклика (а) и карта Парето (б) эффектов факторов эксперимента по синхронизации при заготовке сортиментов способом по патенту РФ № 2365093

Выводы

1. Валка вершиной на волок без приземления комлевой части дерева, а также компактное размещение сортиментов с учетом расположения куртин хвойного подроста при заготовке сортиментов патентно защищенным способом обеспечили почти полное сохранение хвойного подроста на пасаках. Валка вершиной на пасаку при заготовке сортиментов традиционным способом привела к повреждению значительной части хвойного подроста на пасаках при обрезке сучьев и раскряжевке, в ходе которых крона поваленного дерева перемещается по площади пасаки.

2. В соответствии с «Правилами лесовосстановления» количество сохраненного подроста после заготовки сортиментов патентно защищенным способом обеспечивает естественное лесовосстановление путем мероприятий по сохранению подроста. Заготовка сортиментов способом по патенту РФ № 2365093 обеспечила также соблюдение требований «Правил заготовки древесины» по сохранению подроста хозяйственно-ценных пород на пасаках в количестве не менее 96 %.

3. При работе по традиционному способу харвестер простаивает в среднем 45 % времени при полной загрузке форвардера. Снижение цикловой производительности харвестера на 16 % при работе по новому способу снижает простой харвестера до 34 % и обеспечивает повышение загрузки системы на 11 % с одновременным сохранением подроста до уровня, обеспечивающего естественное лесовозобновление.

Библиографический список

1. Якимович С.Б. Синхронизация обрабатывающе-транспортных систем заготовки и первичной обработки древесины: монография / С.Б. Якимович, М.А. Тетерина. – Йошкар-Ола, 2011. – 201 с.

2. Якимович С.Б. Экспериментальная оценка синхронизации обрабатывающе-транспортной системы «харвестер–форвардер» / С.Б. Якимович, М.А. Тетерина // Лесной Вестник. – М.: МГУЛ. – 2008. – № 4. – С. 48–51.

3. Пат. 2365093 РФ. Способ заготовки сортиментов машиной манипуляторного типа / С.Б. Якимович, В.В. Груздев, В.Н. Крюков, М.А. Тетерина. – № 2008107195/12; заявл. 26.02.2008; опубл. 27.08.2009, Бюл. № 24. – 9 с.: 4 ил.

4. Оптимально функциональные синхронизированные транспортно-обрабатывающие системы и управление ими: отчет о НИР (промежуточный, 2 этап) / МарГТУ; рук. Якимович С.Б.; исполн.: К.С. Якимович, М.А. Тетерина, В.В. Груздев [и др.]. – Йошкар-Ола, 2011. – 124 с.

5. Лесоустроительная инструкция (Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 14 июля 2008 г. N 28): утв. приказом МПР РФ от 6 февраля 2008 г. № 31 введ в действие с 24.08.2008. – М., 2008.

6. Правила лесовосстановления (Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 1 октября 2007 г. № 40): утв. приказом МПР РФ от 16 июля 2007 г. № 183; введ в действие с 10.10.2007. – М., 2007.

7. Правила заготовки древесины: зарег. в Министерстве юстиции Российской Федерации 30 декабря 2011 г, рег. № 22883; утв. приказом ФАЛХ РФ от 1 августа 2011 г. № 337; введ в действие с 31.01.2012. – М., 2011.

*И.В. Яцун, А.А. Каменщикова,
С.А. Одинцева, А.М. Яцун
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
iryatsun@mail.ru*

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕНТГЕНОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ
АРМИРУЮЩЕГО СЛОЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА
НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ
(STUDY OF X-RAY PROPERTIES REINFORCING LAYER
COMPOSITE MATERIAL BASED ON WOOD)**

На основании экспериментальных данных построены графические зависимости, позволяющие определить толщину армирующего слоя композиционного слоистого материала на основе древесины от требуемой величины кратности ослабления рентгеновского излучения.

On the basis of experimental data the graphical dependences allowing to determine the thickness of the reinforcing layer of the composite laminate and wood based on the required attenuation values of the multiplicity of X-rays.

Настоящее время отличается высокими темпами научно-технического прогресса. Бурное развитие современной техники требует все новых материалов с заранее заданными свойствами. Требуется материалы со сверхвысокой прочностью, твердостью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью, другими характеристиками и совместным сочетанием этих свойств. Вместе с тем, в настоящее время известны сотни тысяч различных некомпозиционных природных и искусственных материалов, которые уже не отвечают возрастающим требованиям. При этом открытие принципиально новых материалов происходит крайне редко. Это свидетельствует о том, что подавляющее большинство «простых» (некомпозиционных) материалов уже открыто, и ждать в этом направлении больших достижений не приходится. Но научно-технический прогресс не останавливается и требует новых материалов, поэтому основное и долгосрочное направление в разработке новых материалов сейчас состоит в создании материалов путем соединения различных уже известных материалов, то есть – в получении композиционных материалов. Одним из таких материалов является композиционный рентгенозащитный материал, в состав которого не входит токсичный свинец, требующий особой утилизации при эксплуатации.

Композиционный материал состоит из слоев лущеного шпона, чередующихся с армирующими слоями. Армирующий слой выполняют основную рентгенозащитную функцию. В основе него лежит волокнистый материал, наполненный пропиточным составом.

Цель исследований заключалась в определении рентгенозащитных свойств армирующего слоя.

Постановку эксперимента осуществляли по В₃ (Бокса) для трех независимых переменных [1, 2]. Диапазоны варьирования управляющих факторов были выбраны в ходе проведения классического эксперимента (количество компонентов, входящих в пропиточный состав). В качестве выходного параметра была выбрана величина свинцового эквивалента. Для получения образцов волокнистый материал наполнялся четырнадцатью различными вариантами пропиточного состава. Пропитанные образцы высушивались в течение 48±1 часа при температуре 20±2 °С и влажности 65±5 %.

Защитные свойства армирующего слоя определялись по следующей методике [3]: через проченные образцы и свинцовую пластину толщиной 1 мм пропускали рентгеновские лучи на рентгеновском аппарате Ренекс Э4-Н3 (время экспозиции 0,02; напряжение 40, 60 кВт, сила тока 25 мА). Результаты фиксировались на пленке Ренекс РП 3-2. Степень защиты армирующего слоя оценивалась по фотометрической контрастности изображения на рентгенограмме. Фотометрическая контрастность оценивалась с помощью люксметра ТКА-Люкс (рис. 1). В качестве тестового материала во всех опытах применяли свинцовую пластину толщиной 1 мм – как общепринятый свинцовый эквивалент. Для образца армирующего слоя, обладающего наибольшей величиной защитных свойств по рассчитанной величине свинцового эквивалента определены толщины материала, которые требуются для того, чтобы ослабить поток рентгеновского излучения в зависимости от их кратности ослабления рентгеновского излучения (таблица) и построены графические зависимости, изображенные на рис. 2.

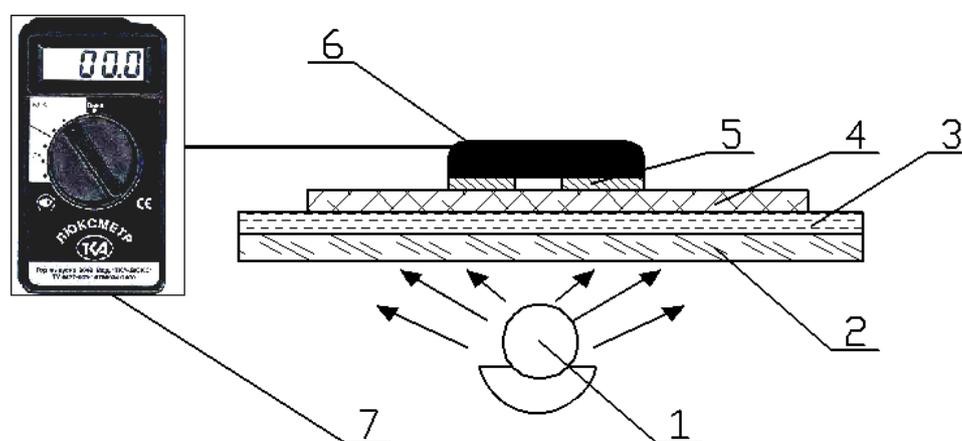


Рис. 1. Схема определения защитных свойств армирующего слоя композиционного слоистого материала с помощью люксметра:
 1 – источник света; 2 – стекло; 3 – калька; 4 – рентгенограмма образцов;
 5 – окно; 6 – датчик; 7 – люксметр

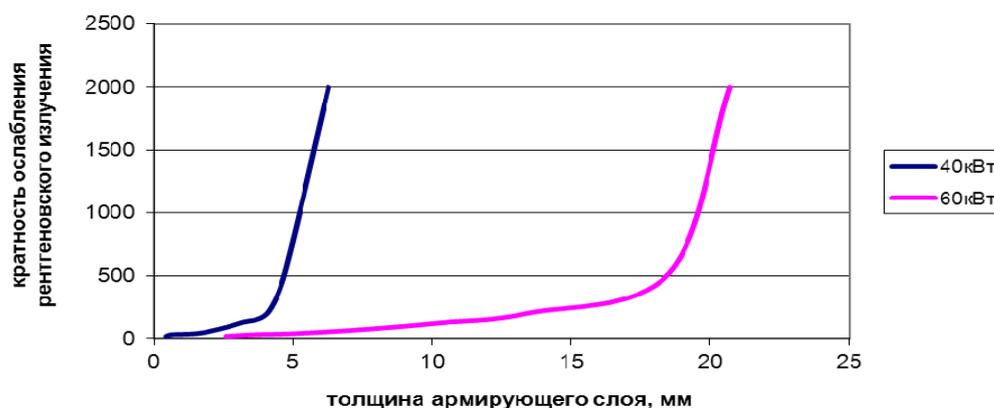


Рис. 2. Зависимость толщины армирующего слоя от кратности ослабления рентгеновского излучения

Соотношение кратности ослабления, свинцового эквивалента
и толщин армирующего слоя

| | | | | | | | | |
|---|------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|
| Кратность ослабления | 17 | 30 | 40 | 75 | 125 | 200 | 520 | 2000 |
| Свинцовый эквивалент | 0,25 | 0,35 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,3 | 1,5 | 2,0 |
| Толщина армирующего слоя, мм (напряжение 40 кВт) | 0,45 | 0,625 | 1,57 | 2,36 | 3,14 | 4,08 | 4,71 | 6,28 |
| Толщина армирующего слоя, мм (напряжение 60 кВт) | 2,59 | 3,62 | 5,18 | 7,76 | 10,35 | 13,46 | 15,53 | 20,7 |

Выводы:

1. Разработанный армирующий слой, входящий в состав рентгенозащитного композиционного материала изготовлен из экологически безопасных, доступных и недорогих материалов.

2. Полученные зависимости (см. рис. 2) позволяет определить необходимую толщину армирующего слоя в конструкции композиционного материала в зависимости от кратности ослабления рентгеновского излучения и напряжения на рентгеновской трубке.

Библиографический список

1. Ветошкин Ю.И. Конструкции и эксплуатационно-технологические особенности композиционных рентгенозащитных материалов на основе древесины / Ю.И. Ветошкин, И.В. Яцун, О.Н. Чернышев. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. – 148 с.

2. Пен Р.З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства / Р.З. Пен. – Красноярск: изд-во. КГУ, 1982. – 190 с.

3. Пижурин А.А. Исследования процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Розенблит. – М.: изд-во Лесн. пром-сть, 1984. – 232 с.

ДЕРЕВООБРАБОТКА В МАЛОЭТАЖНОМ И ИНДУСТРИАЛЬНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

Г.В. Астратова
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
astratova@yahoo.com

ПРОБЛЕМЫ РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ И ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВСТУПЛЕНИЯ РОССИИ В ВТО (THE REAL ESTATE AND WOODEN HOUSING CONSTRUCTION MARKET PROBLEMS IN THE CONDITIONS OF RUSSIA'S ACCESSION INTO THE WORLD TRADE ORGANIZATION)

В статье рассматриваются основные проблемы рынка недвижимости и деревянного домостроения в условиях вступления России в ВТО по следующей схеме: 1) Основные тенденции развития рынка жилой недвижимости в России; 2) Проблемы и тенденции развития рынка деревянного домостроения; 3) Влияние вступления РФ в ВТО на рынок деревянного домостроения. Отмечается, что информация о рынке деревянного домостроения асимметрична, данные труднодоступны, мнения экспертов зачастую противоречивы. Вместе с тем, данный рынок весьма перспективен в России и имеет явную тенденцию к расширению.

In the article the main problems of the of real estate and wooden housing construction market in the conditions of Russia's accession to the World Trade Organization according to the following scheme: 1) The main tendencies of the residential real estate market in Russia development; 2) Problems and tendencies of the wooden housing construction market development; 3) Influence of the Russian Federation accession into the WTO on the wooden housing construction market. It is noted that information on this market is asymmetric, data are remote, and expert's opinions are often inconsistent. At the same time, wooden housing construction market is very perspective in Russia and has an obvious tendency to expansion.

Как известно, в России построить дом – это одна из ключевых ценностей отечественного менталитета. Не случайно, что именно в нашей стране так популярно выражение о жизненном предназначении человека: «посадить дерево, вырастить сына и построить дом». Немаловажно и то, что достойные современного человека условия жизни являются характеристикой качества жизни, а также и атрибутом экономической независимости государства. В данной связи ценно, что в РФ на уровне государства, учёных и практиков, а также – профессиональных ассоциаций наблюдается единство взглядов по данному вопросу. Вместе с тем, от понимания необходимости обеспечения населения России жильём, адекватным потребностям различных социальных групп, до реализации этих потребностей лежит дистанция «огромного размера», обусловленная проблемами как рынка недвижимости в России в целом, так и рынка жилой недвижимости и деревянного домостроения, в частности. Особенно актуальны эти проблемы в связи с вступлением России в ВТО. В контексте заявленной в данном разделе проблематики считаем необходимым рассмотреть следующие основные вопросы: 1) основные

тенденции развития рынка жилой недвижимости в России; 2) проблемы и тенденции развития рынка деревянного домостроения; 3) влияние вступления РФ в ВТО на рынок деревянного домостроения.

1. Основные тенденции развития рынка жилой недвижимости в России

Большинство аналитиков положительно оценивают итоги прошедшего 2011 г., отмечая, что особенно он был удачен для московского рынка. Так, на протяжении года наблюдался медленный и не очень значительный рост цен в рублях, около 8-12%. Немаловажно и то, что отмечено повышение активности покупателей, что обусловлено преимущественно за счет появления доступных ипотечных программ. Говоря о тенденциях текущего 2012 г., считаем целесообразным выделить, как наиболее актуальные, следующие основные направления перемен.

Первая тенденция: нестабильность цен. Как известно, цены на рынке недвижимости определяются синергетическим эффектом от действия совокупности факторов. Наиболее важными из них являются следующие индикаторы:

1. *Наличие свободных средств* у покупателей (как физических, так и юридических лиц), что формирует платежеспособный спрос населения.

2. *Доступность и цена кредитов* для физических лиц на покупку недвижимости, что также формирует платежеспособный спрос населения.

3. *Наличие или отсутствие у инвесторов* (как физических, так и юридических лиц) возможности альтернативного вложения средств с большей доходностью, чем на рынке недвижимости (с сопоставимыми рисками). И этот индикатор формирует платежеспособный спрос.

4. *Объём предложения* на первичном и вторичном рынках недвижимости (в частности, объемы вводимых построенных площадей).

5. *Потребность строительных компаний в оборотных средствах* (сверх того, что они могут взять в кредит у банков).

6. *Доступность кредитных ресурсов для строительных компаний.*

С первыми и вторыми индикаторами, влияющими на цену на рынке недвижимости, всё в принципе понятно: наличие средств у населения совместно с грамотными маркетинговыми исследованиями, выявляющими потребности в жилье у различных сегментов рынка, и профессиональным продвижением построенных объектов дают основания надеяться на вполне прогнозируемые результаты. Тем более, что согласно Отчёту Минэкономразвития России «Об итогах социально-экономического развития Российской Федерации в январе-сентябре 2011 года» заработная плата и доходы населения имеют тенденцию к росту. Так, реальная заработная плата в сентябре 2011 г. относительно сентября 2010 г. выросла на 6,2 %. С начала 2011 г. по сравнению с аналогичным периодом 2010 г. прирост составил 2,7 %. С исключением фактора сезонности прирост реальной заработной платы в сентябре 2011 г. составил 1,0% к августу 2011 г. Что касается *реальных располагаемых доходов населения*, то они увеличились по сравнению с соответствующим периодом 2010 г. на 3,2 %. Это максимальное значение 2011 г. В целом за девять месяцев 2011 г. динамика реальных располагаемых доходов населения находилась в области отрицательных значений (-0,2% к соответствующему периоду 2010 года). С исключением фактора сезонности в сентябре прирост реальных располагаемых доходов населения, по оценке Минэкономразвития России, составил 0,8 %.

Что касается *кредитов и сбережений*, то, во-первых, как утверждают многие эксперты, в 2011 г. розничное потребительское кредитование активизировалось. Так, значительно (по сравнению с 2008-2009 гг.) выросло количество кредитных организаций и, соответственно, объёмы выдачи кредитов населению. В течение года условия кредитования становились

все более привлекательными, средняя стоимость кредита на рынке снижалась, а рискованные критерии для заёмщиков становились все более лояльными. Так, в августе 2011 г. средневзвешенная ставка по кредитам, выданным в рублях с начала года, снизилась на 1 %-ный пункт до уровня 12,1 %. По данным Центрального Банка России, по состоянию на 1 сентября 2011 г. рост объёма предоставленных ипотечных кредитов за август 2011 г. составил 19,5 % (63 млрд рублей), по отношению к августу 2010 г. объём кредитования увеличился более чем в 2 раза. Таким образом, в III квартале 2011 г. продолжился рост розничного кредитного портфеля банков, при этом неуклонно продолжалось расширение покупательской активности, выражавшееся в покупке более дорогих потребительских товаров и, в том числе, недвижимости.

Во-вторых, не смотря на негативные явления финансового рынка 2009-2010 гг., уже к декабрю 2011 г., по данным Минэкономразвития России, наблюдалась явная склонность населения к сбережению с исключением сезонной компоненты.

Всё вышесказанное говорит о том, что платежеспособный спрос населения на недвижимость находится в стадии активного формирования.

Что касается третьего фактора, или альтернатив вложения средств в недвижимость, то здесь необходимо отметить следующее. Во-первых, значительная часть покупок на рынке недвижимости в начале 2000-х определялась не столько желанием граждан купить жильё с целью улучшения качества жизни, сколько стремлением вложить свободные средства в быстро растущий актив. Во-вторых, на принятие решения о покупке недвижимости влияют и тенденции на фондовых рынках и цены на нефть, хотя с этим утверждением согласны далеко не все аналитики.

Считаем необходимым подчеркнуть, что многие эксперты уверены в отсутствии прямой корреляции между ценами на фондовом рынке и ценами на рынке недвижимости. Однако, как совершенно справедливо, на наш взгляд, отмечают аналитики ATRN.ru: «если сравнить динамику их изменения, закономерности четко просматриваются. Обратите внимание на периоды с июля 2005 г. по октябрь 2006 г. и с июля 2007 г. по июль 2008 г. Можно заметить, что вслед за ростом фондового рынка с интервалом до 6 месяцев начинается рост цен на рынке недвижимости. Важно, что начало роста на рынке недвижимости совпадает с началом стагнации на фондовом рынке. Происходит это по той причине, что инвесторы фиксируют свою прибыль на фондовом рынке и, видя, что в ближайшей перспективе роста на нем не будет, переводят средства в другие активы. В частности, в недвижимость. Процесс выбора и приобретения недвижимости требует, как правило, нескольких месяцев. Поэтому возникает дополнительная отсрочка реакции рынка недвижимости на изменения на фондовом рынке».

Что касается четвёртого индикатора, влияющего на цену на рынке недвижимости, то это объём предложения на рынке недвижимости. Очевидно, что чем больше вновь вводимых объектов, тем выше конкуренция между застройщиками. Важно, что к настоящему времени объёмы строительства вновь выросли. Как отмечается в вышеуказанном Отчёте Минэкономразвития, рост инвестиционной активности в 2011 г. сопровождался увеличением объёма работ по виду деятельности «Строительство». Так, прирост в сентябре 2011 г. с исключением сезонного фактора составил 0,7 % к августу 2011 г. По отношению к сентябрю 2010 г. прирост составил 16,5 %. С начала 2011 года объём строительных работ составил 3221,6 млрд рублей, это на 7,9 % выше, чем за соответствующий период 2010 г.

Что касается жилищного строительства, то в сентябре 2011 г. введено в действие 5,5 млн м² общей площади жилых домов, что на 21,8 % выше уровня сентября 2010 г. Организациями всех форм собственности построено 67,9 тыс. новых квартир, в январе-сентябре 2011г. – 402,0 тыс. квартир. В январе и феврале 2012 г. в целом по России

было введено около 6 млн м² жилья. Это примерно соответствует вводу жилья на уровне 60–65 млн м² в год. В то же время, в Китае демонстрируются небывалые показатели, где в 2011 г. было построено почти 4 млрд м² жилья. Вместе с тем, к 2015 г. объём ввода жилья в России должен увеличиться с 59,8 млн м² в год до 90 млн м² в год. Увеличение доли ввода жилья, в том числе малоэтажного, в соответствии с ФЦП «Жилище» на 2011-2015 гг. должно составить 60 % или порядка 54 млн м². Следовательно, в случае наступления кризиса или иных экономических форс-мажоров, можно ожидать проблемы с продажей «излишков» квадратных метров жилой площади.

Что касается *пятого и шестого факторов (оборотные средства и кредиты)*, то они прямо влияют на готовность застройщиков снижать цены при уменьшении спроса. Например, если строительные компании при уменьшении спроса начинают активно предлагать крупные скидки и льготные условия сделок, то это означает, что у них имеется дефицит денежных средств, или они ожидают грядущего снижения цен на рынке недвижимости.

Выше рассмотренные нами шесть факторов обуславливают, в конечном итоге, текущие цены на рынке недвижимости. Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что в текущем 2012 г. следует ожидать колебания и рост средних цен на жильё в пределах показателей инфляции.

Вместе с тем, есть мнения, что больше всего может подорожать именно жильё в секторе «доступное», или «эконом-класс». Это обусловлено, прежде всего, недостаточным его предложением. Поэтому по некоторым прогнозам, цены на жильё эконом-класса могут подняться от 10 до 25 %. Это же показывают и данные IRN.RU о ценах на доступное жильё в Москве и УрФО. Очевидно, что Екатеринбург очень близок к Москве по стоимости жилья, однако стоимость рабочей силы (оплата труда), как известно, в столице Урала и столице нашей Родины пока ещё весьма сильно различаются, что не позволяет нам говорить о данном виде жилья, как о «доступном».

Также ожидается рост цен, превышающий уровень ожидаемой инфляции, на объекты, расположенные в центре Москвы. Причина та же – дефицит адекватного предложения. В данном случае – качественного предложения.

В то же время, уже в сентябре 2011 г. многие риелторы отмечали снижение спроса на квартиры, не свойственное данному периоду, что привело к некоторому падению цен на недвижимость в Москве и Санкт-Петербурге.

По мнению большинства экспертов, к концу 2012 г. ожидается увеличение «классового» разрыва: рост цен на доступное жильё должен стабилизироваться, а стоимость объектов бизнес- и премиум-класса будет расти. Ожидается, что эту динамику будет поддерживать и снижение количества нового жилья, выводимого на рынок.

Вторая тенденция: ожидание новой волны кризиса.

Многие фондовые аналитики ожидают нестабильности цены на нефть и акции. Более того, цены на них, скорее всего, будут снижаться. Резкие изменения на этих рынках могут вызвать активное движение цен на рынке недвижимости, но с временным лагом запоздания в 3-6 месяцев. Из-за опасений повторения экономического кризиса в наступившем году рынок недвижимости России вновь может начать испытывать трудности. На ситуацию, главным образом, может повлиять сворачивание ипотечных программ. Специалисты предполагают, что уже в первом квартале 2012 г. банки могут заметно сократить количество выдаваемых ипотечных кредитов из-за опасений, что заемщики могут не выполнить свои обязательства и банкам вновь, как и в 2008 г., придется заниматься реструктуризацией долгов, что никому невыгодно. Во-вторых, вследствие нестабильности на мировых финансовых рынках, российским девелоперам сейчас довольно сложно и рискованно привлекать валютные кредиты.

По мнению аналитиков, «из-за нестабильной экономической обстановки в мире в ближайший год, на отечественный рынок недвижимости будут действовать две основные группы факторов:

1) отсутствие роста реальных доходов населения, а также неуверенность в том, что в ближайшее время не случится очередной экономической или политической катастрофы. Данное обстоятельство должно способствовать понижению цен;

2) обесценивание основных валют, включая доллар, евро и российский рубль. Это обстоятельство будет наоборот – стимулировать рост цен на жилье».

Третья тенденция: увеличение количества доступного жилья. Она была заложена в 2010-2011 гг. Так, в Минрегионразвития считают целесообразным внести изменения в статью 13 ФЗ от 13.12.2010 № 357-ФЗ «О федеральном бюджете на 2011 г. и на плановый период 2012 и 2013 гг.» в части дополнения целей предоставления бюджетных кредитов реализацией проектов развития транспортной, социальной и инженерной инфраструктуры при строительстве жилья экономического класса. Кроме того, предлагается внести изменения в статью 93.3 Бюджетного кодекса РФ в части увеличения срока, на который предоставляется бюджетный кредит до 7-10 лет. Наконец, подготовлен ряд законопроектов, которые должны стать одними из ключевых инструментов в реализации программ жилищного строительства. В основе одного из них лежит принцип безвозмездной передачи земельного участка, обеспеченного инженерной инфраструктурой, застройщику, взявшему на себя обязательства по реализации 1 м² жилья эконом класса, возведенного на этом участке, по наименьшей цене от норматива стоимости, установленного Минрегионразвития. В 2011 г. этот законопроект должен был получить статус закона в Госдуме.

Аналогичные по смыслу изменения готовятся в 161-ФЗ и по фонду РЖС. Все планируемые законодательные инициативы направлены на повышение уровня доступности жилья экономического класса как построенного девелоперскими компаниями, так и объединениями граждан. Необходимо также ускорить принятие законопроекта № 388150-4 «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации по вопросу развития малоэтажной жилищной застройки территорий», предполагающего не только создание механизмов льготного приобретения земельного участка, но также форм управления территорией застройки. С целью внедрения инновационных технологий в жилищное строительство и повышения его энергоэффективности возможно субсидирование государством процентных ставок по кредитам застройщиков ипотечных ставок для потребителей, строящих и приобретающих энергоэффективные дома. Представляется разумным устанавливать повышающий коэффициент для жилья, соответствующего современным требованиям энергоэффективности. Также целесообразно рассмотреть предоставление налоговых льгот по жилью, отвечающему повышенным требованиям по энергоэффективности и экологичности.

Иными словами, решить вопрос «доступности жилья» представители власти намерены за счет проведения преимущественно следующих основных мероприятий:

а) предоставление земельных участков под застройку жилищно-строительным кооперативам, образованным бюджетниками;

б) строительство доходных домов;

в) введение в действие механизма ссудно-сберегательных касс.

Важно, что в 2012 г. в Министерстве регионального развития ждут активного развития и сектора арендного жилья. Так, по словам Виктора Басаргина, сразу в нескольких регионах запланировано введение в эксплуатацию нескольких сотен тысяч квадратных метров площадей доходных домов. Кроме того, на создание доступной арендной недвижимости государство ежегодно планирует выделять по 5 млрд. рублей.

2. Проблемы и тенденции развития рынка деревянного домостроения

Исследование доступной нам литературы выявило, что по заявленному вопросу имеет место явная асимметричность информации.

Так, ряд авторов полагает, что в России нет рынка деревянного домостроения. Например, генеральный директор Лесосибирского ЛДК №1 Павел Билибин утверждает, что «из-за неразвитого рынка деревянного домостроения, на внутреннем рынке России низкий спрос на пиломатериалы. ... Без стимула со стороны государства развитие этого рынка невозможно». С ним согласен и С.П. Сергеев, генеральный директор ГК «Модуль», директор «Ассоциации деревянного домостроения Вологодской области»: «Деревянное домостроение является «точкой роста» экономики, важным фактором социального развития. Его развитие в «лесных» регионах является главным условием обеспечения населения средних и малых городов современным комфортным жильем»; но в 2008 г. ... «сложилась кризисная ситуация на предприятиях, занимающихся деревянным домостроением. Практически речь идет о выживании. Существует реальная угроза потери квалифицированных специалистов, разрушения отлаженных производств».

В то же время, эксперты РБК и Knight Frank считают, что рынок деревянного домостроения в России имеется, и он весьма активно развивается в последние годы.

Вместе с тем, мы не можем не согласиться с высказыванием Елены Николаевой, президента НАМИКС: «Ни одна страна в мире, обладающая лесными богатствами, не строит так мало домов из дерева, как Россия. Наибольшее использование древесины в качестве основы при строительстве домов отмечается в США (95%), Финляндии (90%) и Канаде (83%). Строительство домов с использованием древесины за рубежом включает каркасное домостроение, мобильные, мануфактурные, модульные дома, дома из заводских элементов и сборных заготовок. Лидерами по объёму экспорта деревянных домов заводского изготовления являются Канада, Финляндия и Швеция. Крупнейшие импортеры деревянных домов заводского изготовления – Германия, США, Норвегия и Канада. Действуют программы по экологичному строительству, развивается заводское изготовление домов и использование в строительстве клееной древесины. В США и Канаде на государственном уровне приоритетным является продвижение продукции деревянного домостроения на новые рынки, особенно в европейские страны, Японию, Южную Корею и Китай».

В данной связи большинство экспертов подчёркивают, что развитие деревянного строительства за рубежом, и, прежде всего, в странах ЕС, активно поддерживается государством. Это обусловлено, в первую очередь, заботой о качестве жизни и здоровье населения, а также и, соответственно, стремлением к использованию экологически безопасных материалов. «Благодаря целенаправленной государственной политике, потребление древесины в Финляндии увеличилось вдвое за период 1978-1986 гг., также увеличилась доля древесины, используемой в конструкциях жилых домов, в Германии за 1994-2000 гг. и в Великобритании за 1999-2004 гг. Национальные программы европейских стран нацелены на обеспечение доли деревянных домов в жилом фонде стран ЕС на уровне 75-80% к 2010 г. Деревянное домостроение в Японии полностью охватывает рынок односемейных домов. С 2002 г. здесь наблюдается непрерывный рост количества домов, который в 2004 г. достиг показателя 1,189 млн ед.».

Считаем необходимым подчеркнуть, что в последние годы мировые тенденции деревянного домостроения коснулись и России. Немаловажно и то, что в России фактически, в ряде подготовленных проектов постановлений правительства разработан и принят к реализации механизм государственной поддержки в виде следующих основных мер:

– предоставления государственных гарантий Российской Федерации по займам, осуществляемым для обеспечения земельных участков инженерной инфраструктурой и модернизации коммунальной инфраструктуры в целях жилищного строительства;

– предоставления субсидий бюджетам субъектов Российской Федерации на возмещение затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях для обеспечения земельных участков под жилищное строительство коммунальной инфраструктурой;

– предоставления субсидий бюджетам субъектов Российской Федерации на обеспечение автомобильными дорогами новых микрорайонов массовой малоэтажной и многоквартирной застройки.

Также одной из важнейших задач, которую должны решать профессиональные строительные объединения и СРО, это создание системы национальных стандартов и стандартов организаций. Как подчёркивает Елена Николаева, президент НАМИКС: «По нашему мнению, необходимо осуществить ревизию СНиПов, СП, ТСНов и т.д. и, перенеся из них обязательные требования по безопасности в технические регламенты, оставить требования добровольного применения. Такие нормативы впоследствии станут доказательной базой для подтверждения соответствия техническим регламентам. Сами технические регламенты как наиболее консервативная и относительно небольшая часть системы технического регулирования в строительстве вполне могут приниматься федеральными законами».

В данной связи необходимо отметить, что в России в последние несколько лет в сфере малоэтажного строительства наметились позитивные тенденции, обусловленные, во-первых, ростом объёмов строительства таких объектов, как таун-хаусы, коттеджи, загородные дома, а во-вторых, увеличением к ним интереса со стороны покупателей. Более того, всё чаще эксперты высказывают мнение, что будущее России принадлежит именно малоэтажному строительству, а также, что эконом-сегмент данного направления строительного рынка позволит наконец-то решить проблему обеспечения доступным жильём населения нашей страны. Особенно это актуально для деревянного домостроения.

Действительно, в России с давних времён при строительстве домов использовали дерево. Однако в эпоху всеобщей и тотальной высотной застройки советского периода и до недавнего времени деревянное строительство пребывало в забвении, и лишь совсем недавно интерес к нему возродился снова. Этот интерес, по нашему мнению, обусловлен, прежде всего, национальными традициями деревянного домостроения и образом жизни россиян. В частности, в данной связи эксперты РБК отмечают: «Сегодня востребованность в таких домах достаточно высока, так как порядка 70% населения России – городские жители, а загородный дом в понятии русского человека – это, прежде всего место, где можно приятно провести время с друзьями, отдохнуть от городской суеты. И именно экологически чистое, натуральное, «дышащее» дерево даёт максимальный эффект смены обстановки».

Необходимо подчеркнуть, что дерево – это уникальный строительный материал, обладающий следующими основными преимуществами:

1. Относительно *низкая себестоимость строительства* деревянного дома по сравнению со строительством домов из камня и кирпича.
2. *Дерево прочно и долговечно.*
3. *Деревянные дома не нужно протапливать;* в них зимой тепло, а летом – прохладно.
4. *Строительство домов из дерева не подвержено сезонности,* в то время как кирпичные и бетонные дома в зимний период не строятся.

5. Дерево намного легче других строительных материалов, и это касается не только его веса, но и *легкости обработки*. Это позволяет декорировать внешнюю отделку дома резными ставнями, наличниками, и т.п.
6. Деревянные дома *просто красивы и радуют глаз*.
7. Дерево – это *экологически чистый, натуральный материал*, который не выделяет вредных токсичных веществ в процессе эксплуатации дома.
8. *Дом из дерева благоприятно влияет на здоровье человека*.
9. В результате исследований, проведённых в Японии на территории, где произошло землетрясение, установлено, что бревенчатый дом оказался наиболее крепкой конструкцией, *устойчивой против землетрясения*.
10. Немаловажным преимуществом деревянных домов является *отсутствие сквозняков*, поскольку во время строительства все щели тщательно заделываются.

Несмотря на длинный список достоинств, деревянные дома имеют и два существенных недостатка: 1) *пожароопасность*; 2) *усушка древесины со временем*. Эти недостатки устраняются с помощью специальных средств защиты.

Таким образом, основными индикаторами, определяющими потребительскую ценность деревянных домов, будут следующие параметры: сроки и качество строительства, срок службы, энергоэффективность, дизайн, безопасность для здоровья, отсутствие вреда для окружающей среды.

Возвращаясь к обсуждению тенденций на рынке домостроения, необходимо отметить следующее. Во-первых, по данным Ассоциации деревянного домостроения, в 2008 г. в России было введено в эксплуатацию более 72 тыс. деревянных домов. В 2009 г. темпы роста *деревянного жилищного строительства* стали выше почти в 2,5 раза, чем в целом по малоэтажному строительству. В кризисный период строительство было «заморожено», но *с середины 2011 г. снова начало набирать темпы*. По общей площади введённых деревянных домов лидирует Московская область – среднее и дальше Подмосковье (80% малоэтажного строительства в России). Затем идут Приволжский, Южный округа, а в последние несколько лет заметно оживился рынок УрФО. Необходимо отметить, что к настоящему времени значительная доля возводимых из дерева поселков обеспечивается полностью собственной инфраструктурой, что еще больше подогревает интерес со стороны покупателей. По прогнозам специалистов, тенденция роста данного сектора строительства сохранится, так как спрос на индивидуальное жилье в несколько раз превышает предложение.

Во-вторых, немаловажно и то, что в последние несколько лет на рынке загородной жилой недвижимости наблюдался *высокий рост предложения коттеджных поселков экономкласса*. Все дома в этом сегменте имеют свои отличительные особенности, которые влияют на их итоговую себестоимость. По данным экспертов, на текущий момент наблюдается устойчивый спрос на дома экономкласса, в отличие от элитного и бизнес-сегмента. Стоимость таких домов начинается от 100 тыс. дол.

В-третьих, как и во всем мире, в настоящее время в *России получили распространение три крупные системы деревянного домостроения*:

- 1) строительство домов из массивной древесины;
- 2) панельное (из крупных и мелких панелей);
- 3) каркасное деревянное домостроение.

Эти архитектурно-строительные системы существенно различаются по стеновым материалам, качественным характеристикам, особенностям производства, разнообразию архитектурных решений, условиям возведения, степени заводской готовности, продолжительности сборки дома, размеру усадки одного этажа, а также и стоимости 1 м² дома. Эксперты компании Knight Frank утверждают, что особенной популярно-

стью у россиян пользуется комбинированное домостроение, когда, например, первый этаж строится из кирпича или монолита, а верхние этажи, где располагаются спальни, возводятся из дерева. В то же время, аналитики НАМИКС считают, что поскольку уже в 2006 г. на государственном уровне приоритетным было названо панельное деревянное домостроение, то именно этому виду домостроения и будет принадлежать будущее. Вместе с тем, существует еще один современный вид малоэтажного строительства, который в России пока еще не развит, это объемно-модульное домостроение. Эксперты Knight Frank считают, что в российских условиях это наиболее оптимальный вид строительства для создания индустрии малоэтажного жилья. В частности, дома от одного до трёх этажей изготавливаются на заводе поточным методом, при этом с завода дом уходит не только полностью собранный, но и оборудованный всеми необходимыми «аксессуарами»: ваннами, туалетами, встроенными кухнями, и даже мебелью. Если оценивать такое производство домов по трем ведущим параметрам: качество, цена и скорость строительства, то это, без сомнения, наиболее эффективный способ.

В-четвёртых, важнейшим аспектом развития рынка деревянного домостроения является вопрос *ценообразования*. Как известно, стоимость дома (не считая его площади) зависит от используемых технологий строительства (брус, бревно, каркас), особенностей проекта, степени индивидуализации, количества и качества используемых строительных материалов, платежеспособности заказчика, энергоэффективности здания, сезона и региона проживания, степени автоматизации и безопасности, и прочих факторов. Так, Александр Пыпин, руководитель аналитического центра GED Analytics, отмечает: «Строительство деревянного дома в зависимости от региона обходится в 8-15 тыс. руб. за 1 м². Однако если включить стоимость коммуникаций, согласования и т. д., то получится уже 16-30 тыс. руб. К стоимости дома необходимо прибавить и стоимость земли – она может быть бесплатной вдали от Москвы (прийти в сельсовет и получить решение о выделении), а может стоить и сотни тысяч рублей за сотку, как в Московской области. На один дом необходимо иметь минимум 6 соток, иначе власти не разрешат строить».

Более того, материалы строительства домов можно подразделить на несколько ценовых сегментов. «В элитном сегменте представлена продукция прежде всего зарубежных производителей. В эту группу попадает практически весь предлагаемый ими ассортимент. К этой категории относятся также предложения отечественных производителей по рубленому вручную бревну, клееному бревну и элитному клееному брусу больших сечений (вертикально-клееный). Стоимость таких домов от производителя – свыше 1000 дол. м². В бизнес-сегменте представлена в основном продукция отечественных производителей: клееный брус небольших и стандартных сечений, оцилиндрованное бревно большого диаметра и принудительной сушки, а также некоторые из предложений домов по каркасной технологии. Стоимость 1 м² таких домов от производителя варьируется от 600 до 1000 дол. В экономичном сегменте представлена вся остальная продукция: оцилиндрованное бревно естественной влажности, массив бруса, каркасная и панельная технология. Стоимость 1 м² таких домов от производителя – от 400 до 700 дол.»

Наконец, к основным *факторам, препятствующим развитию деревянного и малоэтажного строительства в России*, эксперты единодушно относят следующие: отсутствие, в отличие от развитых стран, единой системы строительства деревянных домов на практике; недостаточное количество пригодных для строительства земельных участков; отсутствие документов территориального планирования; недостаточная развитость или полное отсутствие инженерной инфраструктуры; психологическая неподготовленность городского населения к жизни в деревянном доме, и др.

Тем не менее, с учётом всего вышесказанного мы полагаем, что к 2020 г. деревянное домостроение в России может и должно занять лидирующие позиции на рынке жилищного строительства как односемейных, так и мультисемейных домов. Динамика роста производства деревянных домов будет связана преимущественно с развитием недорогих каркасно-панельных технологий, а дома из массивной древесины перейдут в разряд «элитного домостроения».

3. Влияние вступления РФ в ВТО на рынок деревянного домостроения

После вступления России в ВТО практически всем игрокам российского рынка жилого строительства придётся адаптироваться к новым правилам. Как отмечают многие эксперты, *первый шаг* на этом пути сделан: за последние несколько лет *были образованы саморегулирующиеся организации* (СРО) строителей в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге и многих других городах России. К настоящему моменту именно СРО занимаются такими направлениями деятельности, как:

- разработка стандартов деятельности строительных организаций;
- организация профессионального обучения, аттестация работников членов СРО или сертификация произведённых членами СРО товаров (работ, услуг);
- обеспечение информационной открытости деятельности своих членов, публикация информации об этой деятельности в соответствующем порядке;
- контроль за соблюдением требований нормативных документов членами СРО;
- проверка уровня качества объектов капитального строительства;
- определение ключевых проблем отрасли и разработка мер по их устранению;
- разработка рекомендаций в Правительство для внесения необходимых для строительной отрасли изменений; и т.д.

Второй шаг – это построение стратегии развития бизнеса, основанной на создании конкурентных преимуществ отечественного деревянного домостроения. В данной связи считаем уместным привести высказывание С.П. Сергеева, генерального директора ГК «Модуль», директора «Ассоциации деревянного домостроения Вологодской области», которое, хотя и относилось к 2008 г., но не утратило, на наш взгляд, своей актуальности и по сей день. Итак, предприятия, работающие в сфере деревянного домостроения, сталкиваются с массой проблем, которые условно можно разделить на три составляющие:

- **«общеэкономические** (Уменьшение доходов населения. Снижение спроса на продукцию, падение рынков сбыта. Удорожание заемных средств. Введение режима «экономии», сокращения затрат. Корректировка ценовой и сбытовой политики. Снижение рентабельности. Частичный отказ от планов развития.)

- **характерные для малого и среднего бизнеса** (Высокий уровень налоговой нагрузки. Ограниченный доступ к заемным инвестиционным ресурсам. Отсутствие или недостаточный объем залоговой базы. Большие финансовые риски. Стремление к максимальной самостоятельности. Общий низкий технический уровень и низкая технологическая оснащенность. Ориентация на потребности и возможности местного рынка, объема и структуры локального спроса).

- **специфичные, присущие только деревянному домостроению** (Дорогое и сложное проектирование. Слабость инфраструктуры индустриального производства. Необходимость технических регламентов – основы системы технического регулирования. Искусственно созданный дефицит земли. Крайне сложно найти и получить свободные участки под массовое деревянное строительство. Все заботы по прокладке коммуникаций и созданию коммунально-бытовой базы лежат только на строителях. Высокие цены на конечную продукцию. Стоимость квадратного метра определяется

дорогими строительными материалами. Недостаточность информационно-справочного обеспечения домостроения. Отсутствие системы аналитических обзоров по отдельным вопросам домостроения, дефицит справочной литературы, отсутствие периодического профессионального издания, комплексно и системно освещающего проблемы домостроения, бессистемность широкого профессионального общения – все это не способствует удовлетворению потребности в постоянном получении информации и консультаций по текущим и перспективным вопросам домостроения).

Является очевидным, на наш взгляд, что вступление России в ВТО ещё больше обострит вышеперечисленные проблемы. Более того, не исключено, что с открытием границ, в РФ хлынут дешёвые китайские строители с дешёвыми технологиями малоэтажных китайских застроек – это дома коттеджного типа, возводимые из сборных комплектов; площадь дома до 300 м², а весь процесс возведения дома с отделкой занимает три-четыре недели. Это почти в четыре раза ниже той стоимости 1 м², которая официально установлена в качестве ориентировочной Минрегионом.

В то же время многие эксперты не отрицают, что вступление России в ВТО изменит строительный рынок таким образом, что большинство компаний не выдержат конкуренции и просто не выживут, уйдут с рынка. «Нам надо уже сейчас адаптировать свой подход к западным стандартам работы при строительстве», – говорит член правления компании Rodex Group Игорь Заугольников. В то же время, эксперт отмечает, что «... с учетом нашего чиновничьего капитализма совершить экспансию на российский рынок будет под силу только крупным компаниям с мировым именем, имеющим возможность влиять на местные администрации».

Вместе с тем, доступная нам литература не располагает данными относительно того, *каким именно образом* хозяйствующие субъекты рынка деревянного домостроения должны действовать в новых условиях. Более того, все процедуры, переговоры и документы по ВТО являются достаточно приватными и полном объёме в СМИ не освещаются.

В данной связи мы полагаем, что для хозяйствующих субъектов рынка деревянного домостроения настала пора активного освоения основ менеджмента качества, маркетинговых исследований, новых технологий продаж и разработки стратегий позиционирования. В частности, необходимы следующие основные действия:

- 1) определить факторы конкурентоспособности объектов деревянного домостроения (ОДД);
- 2) оценить конкурентоспособность ОДД;
- 3) определить основные пути (факторы) повышения качества и конкурентоспособности продукции (ОДД) компании на рынке;
- 4) определить текущую позицию компании и ОДД, выявить цель перспективного развития и разработать стратегию позиционирования компании и ОДД. В частности, можно использовать две известные схемы позиционирования:
 - а) Матрица Ансоффа и б) Матрица БКГ).

Считаем необходимым обратить внимание на то, что, несмотря на кажущуюся простоту теоретических выкладок вышеперечисленных положений, одной из ведущих проблем лесопромышленного комплекса в целом и рынка деревянного домостроения, в частности, является профессионализм управленческого персонала.

Как отмечается в «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года» одной из серьёзных, системных проблем ЛПК является: «Недостаток квалифицированных кадров и низкий уровень оплаты и производительности труда, обусловленные слабым развитием социального партнерства, низким по сравнению с другими отраслями экономики уровнем оплаты труда работающих, ухуд-

шающейся ситуацией в профессиональной и квалификационной подготовке рабочих кадров, специалистов, возрастающим дефицитом квалифицированных кадров по разным направлениям лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности».

Иными словами, в дополнение к вышесказанному необходимо подчеркнуть, что серьёзной проблемой в связи с вступлением России ВТО является не только то, *кто именно будет реализовывать стратегические перспективы в отрасли*, но и качество профессионального образования в целом.

ПРОГРЕССИВНОЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ

А.Р. Абдулов, В.Г. Новоселов
УГЛТУ, Екатеринбург
kozrog54@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СТАЛЬНЫХ НОЖЕЙ ПРИ ЧЕРНОВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ (STUDYING WEAR RESISTANCE OF STEEL KNIFES WHILE PRIMARY CUTTING OF WOOD)

Проведены исследования и получены данные зависимости радиуса закругления режущей кромки от времени работы реза, пройденного пути резаком и изменения мощности. Было установлено, что при обработке черновых, загрязненных заготовок инструмент изнашивается быстрее.

Studying are carried out and data of dependence of radius of a curve of a cutting edge from operating time of the cutter, the passable way by a cutter and capacity change are obtained. It was established that when processing the draft, polluted preparations the tool wears out quicker.

При изготовлении бруса, сращенного по длине, на первом этапе производится черновое фрезерование для вскрытия сучков и дефектов, подлежащих последующему выпиливанию. Такая обработка производится с минимальными припусками и, как правило, на засоренных пылью поверхностях, что сопровождается значительным трением и повышенным изнашиванием лезвий инструмента.

С целью определения характеристик изнашивания инструмента и потребляемой электродвигателем мощности при таком виде обработки были проведены экспериментальные исследования на четырехстороннем продольно-фрезерном станке V HOLD – Н 412 в условиях деревообрабатывающего комплекса «Форест» г. Екатеринбург 20 января 2012 г. Влажность обрабатываемой древесины $W = 6-12\%$, порода заготовок – сосна, марка стали режущего инструмента – DS, скорость подачи – 16 м/мин. В процессе проведения исследований на станке было обработано 409 досок сечением 25x50 мм, длиной 3 м. С целью обеспечения постоянства глубины резания 1 мм исследования проводились на нижней ножевой головке, частота вращения которой составляла 6000 мин^{-1} при мощности электродвигателя 4,4 кВт. Размеры ножа 4x35x60 мм, угол заточки 45° , а диаметр окружности резания 135 мм.

Для определения радиуса закругления режущей кромки применялся метод слепков [1]. Для получения данных о радиусе закругления режущей кромки производилось по одному замеру с каждого ножа. Полученные отпечатки фотографировали цифровым фотоаппаратом через металлографический микроскоп МЕТАМ ЛВ-44 при увеличении $\times 100$. Затем полученные снимки обрабатывали на компьютере при помощи программы AutoCAD. На основании полученных данных строились зависимости изменения радиуса закругления режущей кромки: от пути, пройденного резаком и от времени работы резака.

Измерение мощности на резание производилось в начале и в конце исследований в одной из фаз электродвигателя с помощью клещей-ваттметра АТК 2104. Схема подключения представлена на рис. 1.

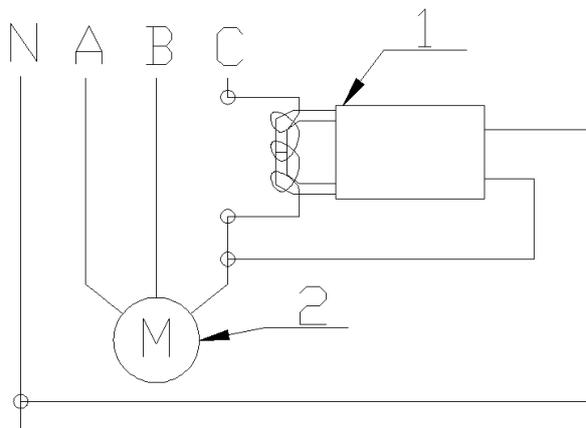


Рис. 1. Схема подключения клещей-ваттметра при измерении мощности на электродвигателе:
 N – нейтраль; А, В, С – фазы;
 1 – клещей-ваттметр;
 2 – электродвигатель

На основании проведённых исследований были получены следующие закономерности. На рис. 2 показано изменение радиуса закругления режущей кромки лезвия ножей в зависимости от продолжительности его работы.

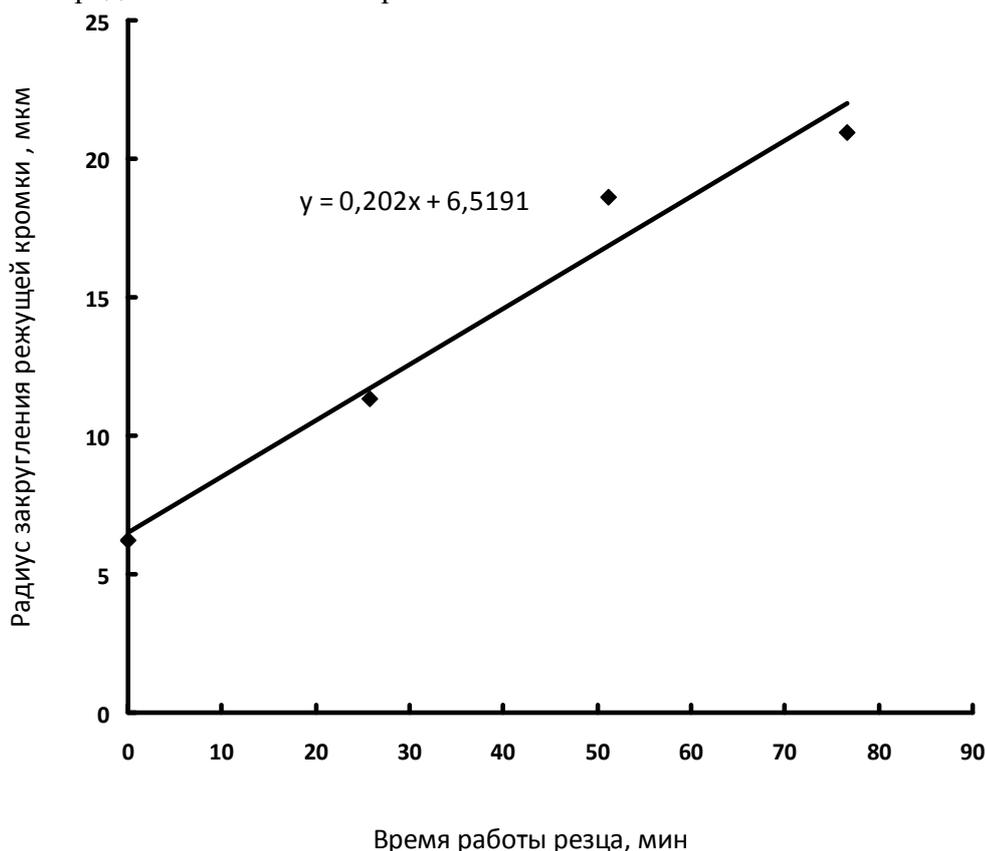


Рис. 2. Зависимость радиуса закругления режущей кромки от времени работы резца

На рис. 3 показано изменение радиуса закругления режущей кромки лезвия ножей в зависимости от пути, пройденного резцом в контакте с древесиной (путь резания).

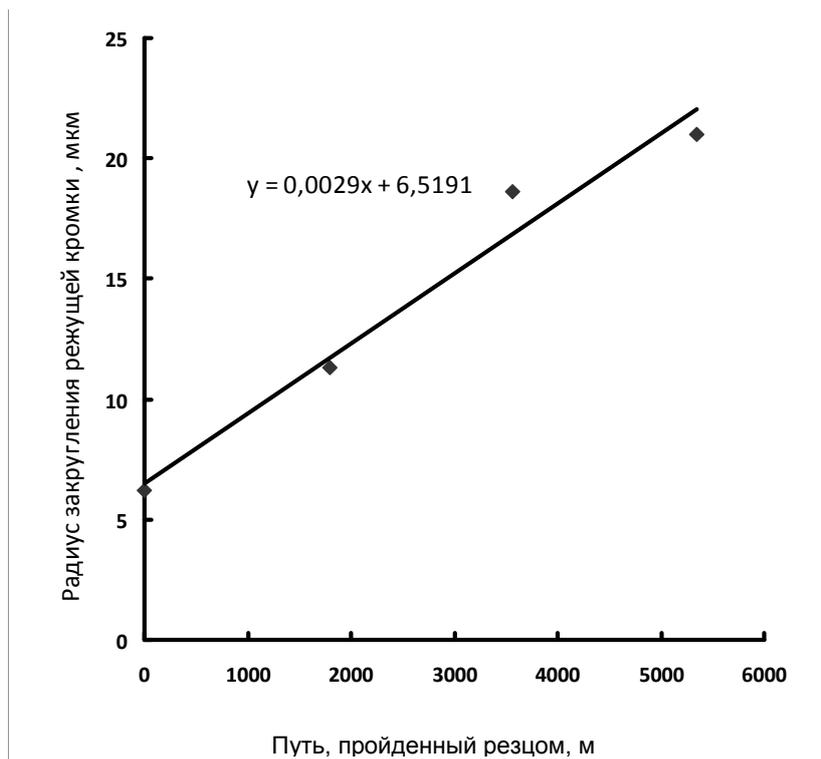


Рис. 3. Зависимость радиуса закругления режущей кромки от пути резания

На рис.4 показано изменение потребляемой мощности в зависимости от радиуса закругления режущей кромки лезвия.



Рис. 4. Зависимость потребляемой мощности от радиуса закругления режущей кромки

Исходя из полученных данных, можно сделать следующие выводы. Скорость изнашивания лезвий инструмента по радиусу закругления режущей кромки составила 0,202 мкм/мин, а интенсивность изнашивания - 0,0029 мкм/м. Для сравнения: при обра-

ботке незасоренной древесины эти величины составляли соответственно 0,0214 мкм/мин и 0,0009 мкм/м при глубине резания 0,5 мм [2], что говорит о снижении периода стойкости в 10-30 раз.

По мере затупления инструмента, мощность необходимая на резание, увеличивается на 0,02 кВт на 1 мкм приращения радиуса закругления режущей кромки. За период исследования мощность, потребляемая электродвигателем, возросла с 0,94 до 1,24 кВт, т. е. на 31%.

В настоящее время основным способом повышения стойкости дереворежущего инструмента является использование материалов, имеющих высокие характеристики износостойкости. К таким инструментам можно отнести ножи из быстрорежущей стали, неперетачиваемые пластины из твердого сплава, инструмент, подвергнутый электроискровому упрочнению, и многие другие. Эти способы имеют наряду с положительным эффектом ряд недостатков: дороговизна используемых материалов, технологическая сложность производства и необходимость использования специализированного оборудования, дорогостоящих шлифовальных кругов для заточки данного типа инструмента.

Одной из альтернатив данным методам является упрочнение методами, формирующими на поверхности инструмента слой износостойкого покрытия. Такие слои возможно формировать методами химико-термической обработки (ХТО). К ним относятся цианирование, хромирование, сульфидирование, борирование, цементирование и др.

Библиографический список

1. Новосёлов В.Г., Абдулов А.Р. Исследование износостойкости стальных и неперетачиваемых твердосплавных ножей при продольном фрезеровании древесины // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 30 сентября – 3 октября 2008 г. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2008. С. 315-320.

2. Абдулов А.Р., Новоселов В.Г. Исследование износостойкости стальных ножей, упрочненных путем имплантации ионов азота // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 17-20 мая 2011 г. / Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т.- 2008. С.240-242.

А.В. Алифанов

ФТИ НАН Б, Минск, РБ

А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин, В.В. Чаевский

БГТУ, Минск, РБ

[*dosy@bstu.unibel.by*](mailto:dosy@bstu.unibel.by)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ TiN-ПОКРЫТИЙ НА НОЖАХ ХВОСТОВЫХ ФРЕЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ (FEATURES OF TiN COATINGS FORMATION ON BLADES OF TAIL MILLS WHEN PROCESSING OF WOOD PLATE MATERIALS)

Упрочнение нитридтитановыми (TiN) покрытиями ножей хвостовых фрез при обработке ДСтП необходимо проводить по задней поверхности кромок. Поверхность

кромки лезвий ножей фрезы должна полностью находиться в зоне плазменного потока при осаждении покрытия. В качестве материала ножей можно использовать твердый сплав типа BK – 3, который является аналогом сплава марки T03SMG фирмы TIGRA.

Hardening by TiN-coatings of blades of tail mills when processing wood chip plate materials is necessary for carrying out on a back surface of edges. The surface of blade edges of a mill should be completely in a zone of a plasma flow at coating deposition. As a material of blades it is possible to use the domestic hard alloy of WC – 3 type which is analog of an alloy of the T03SMG brand of TIGRA firm.

В настоящее время в Республике Беларусь для механической обработки древесины используется только импортный дереворежущий инструмент. Поэтому увеличение периода стойкости как основного показателя ресурса работы применяемого дереворежущего инструмента, создание новых материалов для изготовления отечественного дереворежущего инструмента является актуальной и экономически обоснованной задачей.

Одним из наиболее современных эффективных способов увеличения периода стойкости дереворежущего инструмента, применяемых ведущими зарубежными фирмами по производству дереворежущего инструмента (Leitz, AKE, JSO, TIGRA, Stark, Gold, Schunk, Faba, LEUCO, KANEFUSA CORPORATION и др.), является его изготовление из твердых сплавов или быстрорежущей стали с использованием рационального выбора конструкции инструмента [1].

Известно, что использование метода конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ) позволяет значительно увеличить физико-механические свойства различных материалов. В частности, существенно возрастает значение периода стойкости модифицированных с помощью метода КИБ дереворежущих фрез различных видов [2, 3].

В конструкции используемого для обработки древесины и плитных материалов в Республике Беларусь дереворежущего фрезерного инструмента в основном применяют твердосплавные импортные ножи, имеющие мелкозернистую структуру с низким содержанием кобальта как связующего компонента (табл. 1), что позволяет повысить надежность и ресурс работы фрез.

Таблица 1

Классификация твердых сплавов различных фирм производителей

| ISO | 0,1 | 0,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|-----------|-------------|------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|
| BK | BK3 BK3M | | | | BK6 | | | | | | |
| | | | B1322 | | | | BK8 | | | | |
| TIZIT | | | TW10 | | | | | | | | |
| | | | TW15 | | | | | | | | |
| | | | | | TW220 | | | | | | |
| | | | | | TW20 | | TW30 | | TW40 | | |
| | | | TSM10 | | | | | | | | |
| | | | TSM20 | | | | | | | | |
| | | | TSM30 | | | | | | | | |
| TIGRA | T03SMG | | | | | | | | | | |
| | | T04F | | | T06MF | | T08MF | | T10MF | | T12MF |
| | | | T06MG | | T08MG | | T10MG | | | | Tigra |
| Ceranetal | | | HC05 | | HC20 | | HC27 | | | | |
| | | | | | | | HC35 | | | | |
| Ceratzil | BC01 | | | | | | | | | | |
| | | BC05 | BC10 | | BC20 | | TS30 | | | | |

Целью данной работы было исследование элементного состава ножей фирмы *Leitz* (Германия) хвостовых дереворежущих фрез, получение TiN-ионно-плазменных покрытий на поверхности импортных ножей, определение оптимальных режимов формирования покрытий, изучение влияния TiN-покрытий на период стойкости модифицированного инструмента при обработке ламинированных ДСтП.

На деревообрабатывающих предприятиях часто сталкиваются с большими трудностями выбора материала ножей для дереворежущего инструмента. На основании анализа данных, представленных в каталогах фирм-производителей твердого сплава, можно заключить, что основными свойствами, характеризующими твердые сплавы, выступают:

- 1) размер зерна (табл. 2);
- 2) количество связующего вещества (кобальта).

От этих характеристик зависят физико-механические свойства твердого сплава, которые, как правило, существенно влияют на характеристики сформированного на твердом сплаве покрытия.

Таблица 2

Маркировка зерен твердых сплавов

| Маркировка | Размер зерна, мкм |
|------------|-------------------|
| NG | <0,2 |
| UMG | 0,2 – 0,5 |
| SMG | ,5 – 0,7 |
| MG | 0,7 – 1,0 |
| F | 1,0 – 1,4 |
| MF | 1,4 – 2,5 |
| M | 2,5 – 4,0 |
| C | 4,0 – 10 |
| EC | 10> |

Установлено, что количество кобальта влияет на износостойкость твердого сплава и восприятие ударных нагрузок. Чем выше содержание кобальта, тем выше предел прочности инструмента, изготовленного из твердого сплава или его твердосплавных режущих элементов.

Несмотря на то, что с увеличением размера зерна в конечном итоге улучшается период стойкости инструмента, однако подготовка инструмента с небольшими углами заострения лезвий ножей становится затруднительной. Снижение размера зерна (при неизменной концентрации связующего вещества) ведет не только к снижению периода стойкости инструмента, но и дает возможность более качественно вести подготовку ножей инструмента перед нанесением покрытия.

На рис. 1 представлена схема взаимодействия режущего элемента ножа с обрабатываемым плитным древесным материалом.

Специфика обработки плитных материалов, в отличие от резания натуральной древесины, заключается в том, что по передней поверхности отсутствует образование стружки [4]. Эта особенность отражается на характере износа режущего элемента, связанная с более интенсивной потерей режущей способности по его задней поверхности.

Таким образом, упрочнение режущих элементов следует проводить по их задней поверхности кромки, что позволит с одной стороны снизить основной износ ножа, а с другой – сохранить упрочненный слой после восстановления режущей способности кромки ножа.

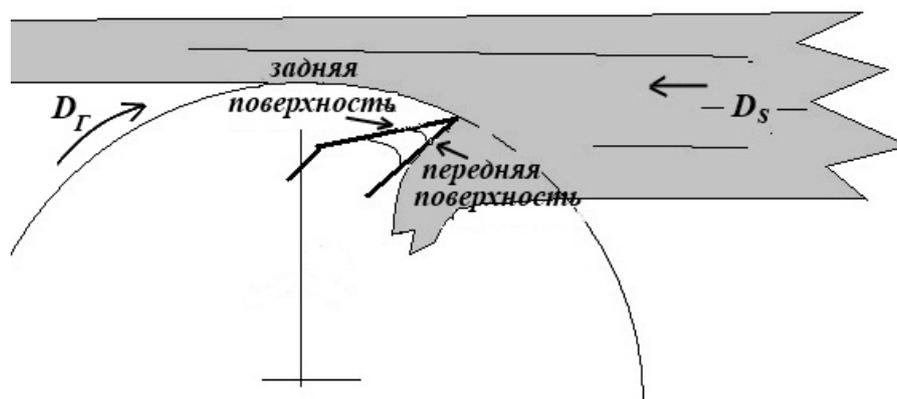


Рис. 1. Схема взаимодействия режущего элемента фрезы с обрабатываемым материалом (D_s – движение подачи, D_r – движение главное)

TiN-покрытия осаждались на поверхность двухлезвийных ножей хвостовых фрез методом КИБ на установке ВУ-1Б «Булат» на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (ДОСИИ) БГТУ в два этапа – с предварительной обработкой ионами титана в вакууме 10^{-3} Па при потенциале подложки 1 кВ и последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода 100 А и опорном напряжении -100 В в атмосфере азота при давлении 10^{-1} Па [5]. Для получения высокой адгезии покрытия к лезвию ножа варьировалось время предварительной ионной очистки и время непосредственного осаждения покрытия. Температура при осаждении покрытия соответствовала 500 – 550 °С. Толщина полученных покрытий не превышала 1,5 мкм.

Для выяснения элементного состава импортного инструмента, определения периода стойкости ножей с TiN-покрытиями при обработке ламинированных ДСтП были выполнены с помощью методов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) и растровой электронной микроскопии (РЭМ) на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610 LV (Япония) фрактографические исследования морфологии и элементного состава режущих кромок лезвий инструмента.

Лабораторные испытания на износостойкость лезвий ножей сборной фрезы диаметром 21 мм при резании ламинированного ДСтП толщиной 25 мм с двусторонней отделкой пластей проводились на кафедре ДОСИИ БГТУ на обрабатывающем центре ROVER-B 4.35 (Италия) при следующих режимах: частота вращения фрезы – 12000 мин⁻¹; скорость подачи – 4 м/мин; припуск – 5,0 мм / проход; толщина стружки на дуге контакта – 0,15 мм; величина длины резания – 10000 м. Критерием потери режущей способности резца являлось появление сколов отделки плиты.

Ранее было установлено, что TiN-покрытия, осажденные методом КИБ на импортные твердосплавные ножи, имеют ОЦК структуру с текстурой (111) [3].

В результате выполненной работы по формированию TiN-покрытий на поверхности двухлезвийных ножей инструмента была определена оптимальная геометрия расположения кромок лезвий ножей при осаждении покрытия – поверхность кромок лезвий ножей должна полностью находиться в зоне плазменного потока.

Установлено, что испытываемые ножи имеют состав из ~ 96% WC и ~ 4% Co (табл. 3), что соответствует отечественному твердому сплаву ВК – 3.

Таблица 3

Результаты определения состава испытываемых импортных ножей

| Элемент | Концентрация, ат. % | Погрешность измерения, ат. % |
|---------|---------------------|------------------------------|
| C | 32,89 | 0,22 |
| W | 62,86 | 0,33 |
| Co | 4,25 | 0,34 |

Сравнение данных табл. 1 и 3 показывает, что установленный состав материала импортного инструмента соответствует мелкозернистому твердому сплаву T03SMG фирмы TIGRA. Использование данного материала для изготовления фрезерного инструмента, эксплуатируемого при обработке плитных материалов и древесины, обосновано снижением вероятности разрыва связки кобальта и зерен карбидов. Это, в конечном итоге, приводит к повышению надежности дереворежущего инструмента и его периода стойкости.

Исследования морфологии поверхности кромок лезвий ножей подтверждают вывод о мелкодисперсном характере структуры материала ножей (рис. 2). На основании данных РЭМ можно предположить, что размер зерен Co в структуре материала ножей не превышает 0,5 мкм.

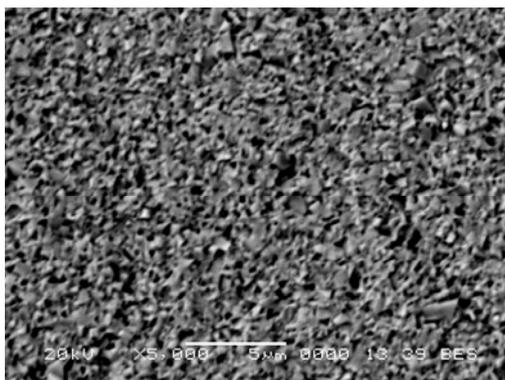


Рис. 2. РЭМ – изображение поверхности кромки лезвия ножа

Изучение закономерности между временем осаждения покрытий и их толщиной на задней грани (табл. 4) показывает их полную корреляцию: максимальная толщина покрытия соответствует наибольшему времени его осаждения.

Таблица 4

Параметры осаждения TiN-покрытий

| № ножа | Время ионной очистки ножа, с | Время осаждения TiN-покрытия на нож, мин. | Напыляемая кромка ножа | Толщина TiN-покрытия кромки ножа, мкм |
|--------|------------------------------|---|------------------------|---------------------------------------|
| 1 | – | – | – | 0 |
| 2 | 80 | 5 | задняя | 0,5 |
| 3 | 80 | 10 | задняя | 0,8 |
| 6 | 140 | 10 | задняя | 1,2 |

Промышленные испытания периода стойкости фрезерного инструмента с неплетачиваемыми режущими твердосплавными пластинами с TiN-покрытиями, проведенные на ОАО «Минскдрев» (г. Минск) при резании ДСтП, показали увеличение периода стойкости инструмента с покрытиями на 20 % по сравнению с инструментом без покрытия.

Выводы

1 Установлено, что испытываемые ножи фирмы *Leitz* (Германия) хвостового фрезерного дереворежущего инструмента имеют состав мелкозернистого твердого сплава типа ВК – 3 и соответствуют материалу ножей марки T03SMG фирмы TIGRA (Германия).

2 В связи с тем, что характер износа ножа связан с более интенсивной потерей режущей способности по его задней кромке, упрочнение режущих элементов необходимо проводить по их задней поверхности, что позволит с одной стороны снизить основной износ ножа, а с другой – сохранить упрочненный слой после восстановления режущей способности.

3 При осаждении покрытия поверхность кромок лезвий ножей фрезы должна полностью находиться в зоне плазменного потока.

4 Осажденные методом КИБ TiN-покрытия на импортные двухлезвийные ножи из твердых сплавов типа ВК – 3 хвостовых фрез обеспечивают при обработке материалов из ламинированных ДСтП существенное повышение периода стойкости режущего инструмента. Максимальное значение периода стойкости имеют лезвия ножей с наибольшей полученной толщиной TiN-покрытий. Опытно-промышленные испытания модифицированного инструмента с TiN-покрытиями на ОАО «Минскдрев» (г. Минск) подтверждают актуальность проведенных исследований, а также необходимость повышения периода стойкости и, тем самым, ресурса работы дереворежущего инструмента.

Библиографический список

1. Каталоги фирм: *Leitz, Leuco, Guhdo, Stehle, Faba, Freud*, 2008–2009.
2. Гришкевич А.А., Чаевский В.В. Влияние ионно-плазменных покрытий на износостойкость стальных резцов при резании древесины на фрезерно-брусующих станках // Труды БГТУ. Сер II, Лесн. и д-о. пром-сть. – Вып. XVIII., 2010.
3. Гришкевич А.А. Повышение ресурса дереворежущего инструмента с помощью упрочняющих технологий при обработке плитных материалов / А.А. Гришкевич и др // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии», Минск, 19-20 ноября 2008г. – Минск: БГТУ, 2008.
4. Раповец В.В. Практические результаты экспериментальных исследований резания древесины двухлезвийными резцами на фрезерно-брусующих станках // Труды БГТУ. Сер II, Лесн. и д-о. пром-сть. – Вып. XVI., 2008.

А.В. Белый

ФТИ НАН Б, Минск, РБ

В.В. Чаевский, А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин

БГТУ, Минск, РБ

В.В. Углов

БГУ, Минск, РБ

doctorv_v_ch@mail.ru

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ TiN-ПОКРЫТИЙ
НА ТВЕРДОСПЛАВНЫХ НОЖАХ ХВОСТОВЫХ ФРЕЗ
ПРИ РЕЗАНИИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСтП
(EFFICIENCY OF APPLICATION OF TiN COATINGS
ON HARD-ALLOY BLADES OF TAIL MILLS WHEN CUTTING
OF LAMINATED WOOD CHIP PLATE MATERIALS)**

При резании ламинированных ДСтП хвостовыми фрезами с сформированными методом КИБ TiN-покрытиями на импортных двухлезвийных ножах из твердых сплавов типа ВК – 3 значение периода стойкости инструмента увеличивается до 20 %. Определен вид износа лезвий ножей фрез как абразивно-химический.

When cutting laminated wood chip plate materials by tail mills with PVD TiN coatings on import two edge blades which consist of hard alloys of WC – 3 type value of the persistence period of the tool increases to 20 %. The type of wear of edge blades as abrasive and chemical is defined.

Деревообрабатывающий фрезерный инструмент для обработки материалов типа ДСтП, ЦСП, текстолита, твердолиственных пород древесины работает в условиях статических и динамических нагрузок, повышенных температур, что вызывает повышенный износ режущих элементов инструмента. В настоящее время одним из наиболее эффективных способов повышения периода стойкости фрезерного инструмента нахождением оптимальных режимов резания [1] является сочетание рационального выбора конструкции инструмента с использованием износостойких материалов для изготовления как инструмента в целом, так и его режущих элементов [2]. При этом широко применяются твердосплавные напаянные на поверхность зуба пластинки, например, на основе карбида вольфрама WC.

Новое поколение импортного дереворежущего инструмента с применением синтетического алмаза, несмотря на привлекательную перспективу его использования, не всегда соответствует условиям производства деревообрабатывающих предприятий Республики Беларусь, а также имеют очень высокую стоимость.

Среди методов обработки поверхности материалов широко применяется метод конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ), который также способствует существенному уменьшению износа лезвий ножей дереворежущего инструмента и соответственно увеличивает ресурс работы резцов [3].

Целью данной работы было получение TiN-ионно-плазменных покрытий на поверхности ножей фирмы *Leitz* (Германия) хвостовых дереворежущих фрез, определение элементного состава импортных ножей, изучение влияния покрытий на износ лезвий ножей фрезерного инструмента при резании ламинированных ДСтП.

Известно, что от физико-механических свойств основы зависят характеристики осаждаемого на него покрытия. При использовании в качестве подложки твердых сплавов различных типов, применяемых при изготовлении дереворежущего инструмента, снимается проблема отжига основы при осаждении покрытий методом КИБ, так как температура $\sim 500 - 600$ °С при осаждении не влияет на структуру большинства твердых сплавов.

Для твердых сплавов установлено, что чем выше содержание количества связующего материала (кобальта), тем выше предел прочности сплава и восприятие ударных нагрузок как на сплав, так и на покрытие с высокой микротвердостью (в частности, TiN) на данном сплаве.

Проведенные исследования специфики обработки плитных материалов показали, что наиболее интенсивный износ ножа фрезы наблюдается по его задней поверхности [4]. Следовательно, упрочнение режущих элементов необходимо проводить по их задней поверхности кромки.

TiN-покрытия осаждались на поверхность двухлезвийных ножей хвостовых фрез методом КИБ на установке ВУ-1Б «Булат» на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (ДОСИИ) БГТУ в два этапа – с предварительной обработкой ионами титана в вакууме 10^{-3} Па при потенциале подложки 1 кВ и последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода 100 А и опорном напряжении 100 В в атмосфере азота при давлении 10^{-1} Па [3]. Температура при осаждении покрытия соответствовала $500 - 550$ °С. Толщина полученных покрытий не превышала 1,5 мкм.

Для выяснения элементного состава импортного инструмента, механизма износа лезвий инструмента и определения периода стойкости фрез с TiN-покрытиями на поверхности ножей при обработке ламинированных ДСтП были выполнены с помощью методов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) и растровой электронной микроскопии (РЭМ) на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610 LV (Япония) фрактографические исследования морфологии и элементного состава режущих кромок лезвий инструмента.

Лабораторные испытания на износостойкость лезвий ножей сборной фрезы диаметром 21 мм при резании ламинированного ДСтП толщиной 25 мм с двусторонней отделкой пластей проводились на кафедре ДОСИИ БГТУ на обрабатывающем центре ROVER-B 4.35 (Италия) при следующих режимах: частота вращения фрезы – 12000 мин⁻¹; скорость подачи – 4 м/мин; припуск – 5,0 мм / проход; толщина стружки на дуге контакта – 0,15 мм; величина длины резания – 10000 м. Критерием потери режущей способности резца являлась оценка состояния кромки (наличие или отсутствие мшистости и ворсистости) и качество фрезерованной поверхности (появление сколов отделки плиты, шероховатость и наличие или отсутствие прижогов).

Методом рентгеноструктурного анализа было установлено, что TiN-покрытия, осажденные методом КИБ на неперетачиваемые твердосплавные ножи (производство – Германия), имеют ОЦК структуру с текстурой (111), формирование которой связано с ростом зерен в направлении плазменного потока [3].

Результаты определения состава испытываемых импортных ножей (таблица 1) показали его соответствие отечественному аналогу типа ВК – 3 (WC ~ 96%, Co ~ 4%).

Было установлено, что при износе режущей кромки лезвия ножа фрезы фрезерованная поверхность и кромка плиты не отвечали требованиям обработки: появлялись вырывы, прижоги на фрезерованной поверхности, а на кромке плиты образовывались ворсистость и мшистость (рис. 1).

Таблица 1

Результаты определения состава испытываемых ножей

| Элемент | Концентрация, ат. % | Погрешность измерения, ат. % |
|---------|---------------------|------------------------------|
| C | 32,89 | 0,22 |
| W | 62,86 | 0,33 |
| Co | 4,25 | 0,34 |

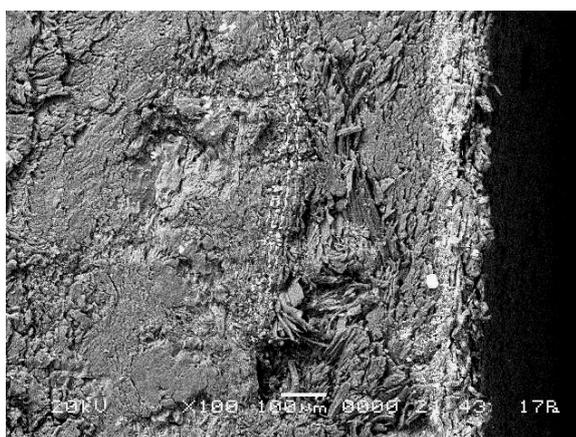


Рис. 1. РЭМ – изображение поверхности фрезерованной ДСтП

Результаты расчета размеров изношенных кромок ножей при резании плиты (табл. 2), выполненные на основании измерения режущих кромок на РЭМ снимках (рис. 2, 3), показали, что максимальное значение периода стойкости имеют лезвия ножей с наибольшей полученной толщиной TiN-покрытия.

Таблица 2

Параметры TiN-покрытий и результаты расчета размеров изношенных кромок ножа

| № но-жа | Время осаждения TiN-покрытия на нож, мин. | Напыляемая кромка ножа | Размеры кромок ножа $b \times a$, мкм, при фрезеровании ламинированного слоя ДСтП (b – задняя кромка ножа, a – передняя кромка ножа) | Толщина TiN-покрытия кромки ножа, мкм |
|---------|---|------------------------|--|---------------------------------------|
| 1 | – | – | 245 x 165 | 0 |
| 2 | 85 | Задняя | 230 x 145 | 0,5 |
| 3 | 90 | Задняя | 210 x 140 | 0,8 |
| 6 | 150 | Задняя | 45 x 34 | 1,2 |

Рабочая поверхность твердосплавных ножей без покрытия подвержена хрупкому разрушению в виде скалывания и выкрашивания в процессе эксплуатации [5]. Кроме того, установлено, что в результате механического стирания (абразивный износ) происходит скругление режущей кромки хвостовых фрез. Причиной сколов являются чаще всего содержащиеся в обрабатываемом материале минеральные частички. Причиной сколов могут также быть: несбалансированные инструменты и зажимные патроны, поврежденные шпиндели или работа в области резонансной частоты вращения [6].

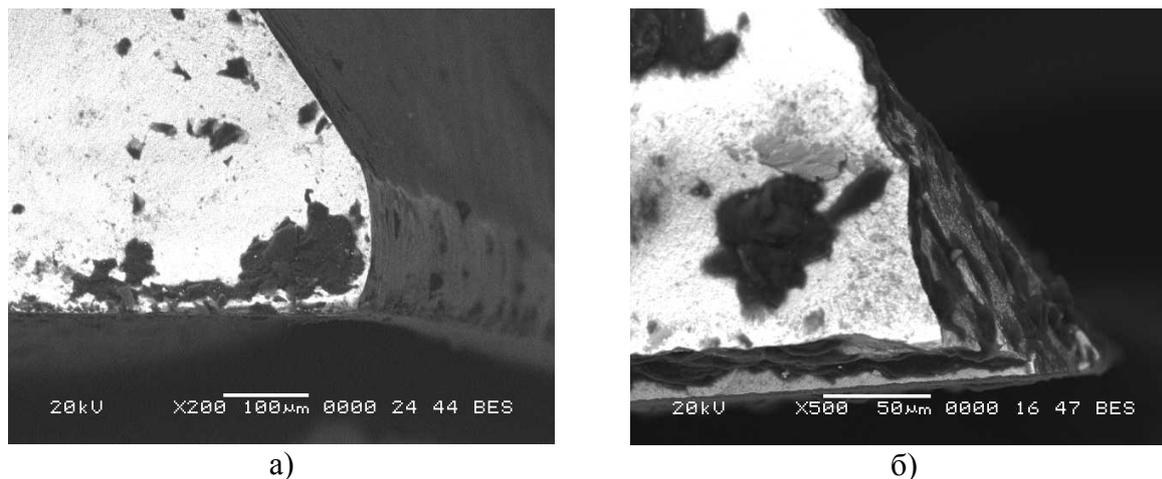


Рис. 2. РЭМ-изображения изношенных лезвий кромок ножей без покрытия после резания ламинированного ДСтП

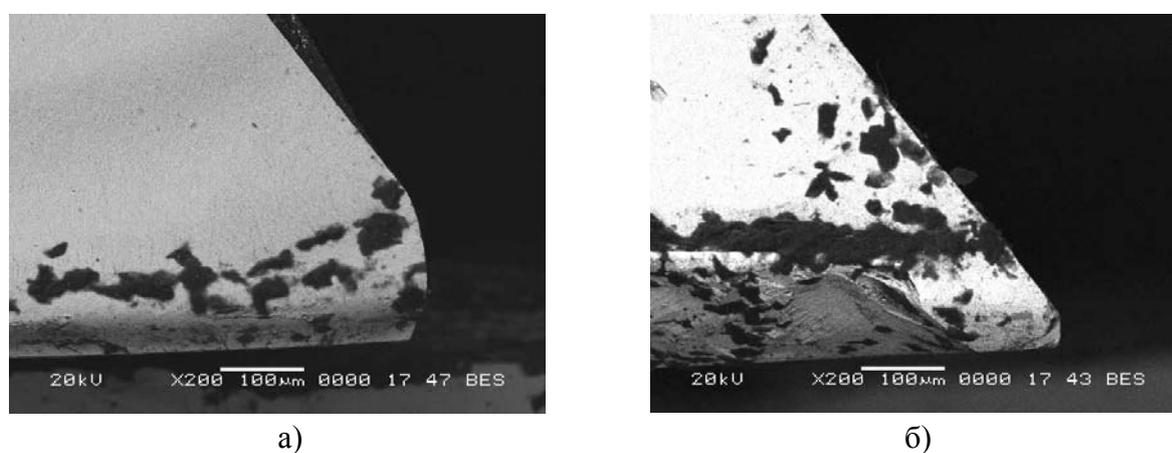


Рис. 3. РЭМ – изображение изношенных лезвий задней кромки ножа (№ 6) с TiN-покрытием после резания ламинированного ДСтП

На основании сравнения полученных РЭМ изображений изношенных кромок лезвий ножей без покрытий (рис. 2) и с TiN-покрытиями (рис. 3) можно заключить, что TiN-покрытия на поверхности резца в целом не меняют характер износа режущей кромки инструмента. Тем не менее, наблюдается уменьшение скругления режущей кромки с TiN-покрытием (рис. 3, а) и уменьшение размеров сколов (рис. 3, б).

Промышленные испытания периода стойкости хвостовых фрез с твердосплавными ножами с TiN-покрытиями, проведенные на СООО «Пинскдрев-Адриана» (г. Пинск) при резании ДСтП, показали увеличение периода стойкости фрезерного инструмента с покрытиями на 15 - 20 % по сравнению с инструментом без покрытий.

Выводы

1 Установлено, что испытываемые твердосплавные ножи фирмы *Leitz* (Германия) хвостовых дереворежущих фрез имеют состав, аналогичный отечественному типу ВК – 3.

2 TiN покрытия на поверхности ножей уменьшают интенсивность их износа, не меняя характера износа лезвия ножа.

3 При резании ламинированных ДСтП хвостовыми фрезами с двухлезвийными твердосплавными ножами наблюдается абразивно-химический вид износа поверхности твердосплавных лезвий фрезерного инструмента. Наиболее интенсивный износ ножа фрезы наблюдается по его задней поверхности кромки.

4 Осажденные ионно-плазменные TiN-покрытия на импортные двухлезвийные ножи из твердых сплавов типа ВК – 3 хвостовых фрез обеспечивают при резании ламинированных ДСтП существенное повышение периода стойкости режущего инструмента. Опытные-промышленные испытания модифицированного инструмента с TiN-покрытиями, выполненные на ООО «Пинскдрев-Адриана» (г. Пинск), подтверждают актуальность проведенных исследований и повышение периода стойкости хвостовых фрез с TiN покрытиями.

Библиографический список

1. Кузнецов А.М., Янющкин А.С. Износостойкость твёрдосплавного инструмента при обработке ДСтП // Технология машиностроения. – М.: Издат. центр «Технология машиностроения», 2008.
2. Каталоги фирм: Leitz, Leuco, Guhdo, Stehle, Faba, Freud, 2008 – 2009.
3. Гришкевич А.А. и др. Эффективность применения TiN-, ZrN-, Ti-Zr-N и Ti- покрытий на твердосплавных резцах при обработке ламинированных древесностружечных плит концевыми фрезами // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – Вып. XVI., 2008.
4. Раповец В.В. Практические результаты экспериментальных исследований резания древесины двухлезвийными резцами на фрезерно-брусующих станках // Труды БГТУ. Сер II, Лесн. и д-о пром-сть. – 2008. – Вып. XVI.– С. 205–208.
5. Моисеев А.В. Контактные явления в микрообласти лезвия при резании древесины и их влияние на природу затупления инструмента: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.03.01 – М.: Москов. гос. ун-т леса, 1983
6. ЛЕКСИКОН Лейтц: каталог фирмы Leitz.– Издание 4. – М.: ООО «Лейтц Инструменты», 2011.

А.В. Власов
ВятГУ, г. Киров, РФ
artjomv@gmail.com

МЕТОДИКА ВЫБОРА ЧИСЛА ОБОРОТОВ КРУГЛЫХ ПИЛ (METHOD OF SELECTION OF THE NUMBER OF SPEED CIRCULAR SAW)

Представлена методика определения рабочих скоростей вращения круглых пил на основе теории колебаний вращающихся дисков, предложенной Кэмпбеллом, и с применением программного комплекса ANSYS.

A method for determining the operating speed of rotation of circular saws on the basis of the theory of vibrations of rotating disks as proposed by Campbell, and using software package ANSYS.

Распиловка древесины круглыми пилами сопровождается сложным колебательным процессом полотна пилы. Колебания диска приводят к снижению точности и качества поверхности распиловки, к повышению уровня шума, к повышению энергозатрат на процесс резания древесины и к снижению стойкости пилы, а в случае резонансных явлений могут привести к её поломке. Резонанс – это совпадение частоты внешней возбуждающей силы с собственной частотой колебаний диска. Поэтому необходимо более обоснованно подходить к вопросу выбора рабочей частоты вращения круглой пилы.

Диск круглой пилы представляет собой упругую систему с распределенной массой, соответственно такая система с распределенными параметрами имеет бесконечное множество степеней свободы, а значит, обладает бесконечным числом собственных частот и форм колебаний. Практика эксплуатации показала, что частоты продольных колебаний в десятки раз выше частот изгибных колебаний диска [1]. Это позволяет рассматривать только опасные изгибные колебания. Различают формы изгибных колебаний без узловых диаметров и окружностей (зонтичные), с узловыми диаметрами (верные), с узловыми окружностями, комбинационные – с узловыми диаметрами и окружностями (рис. 1).

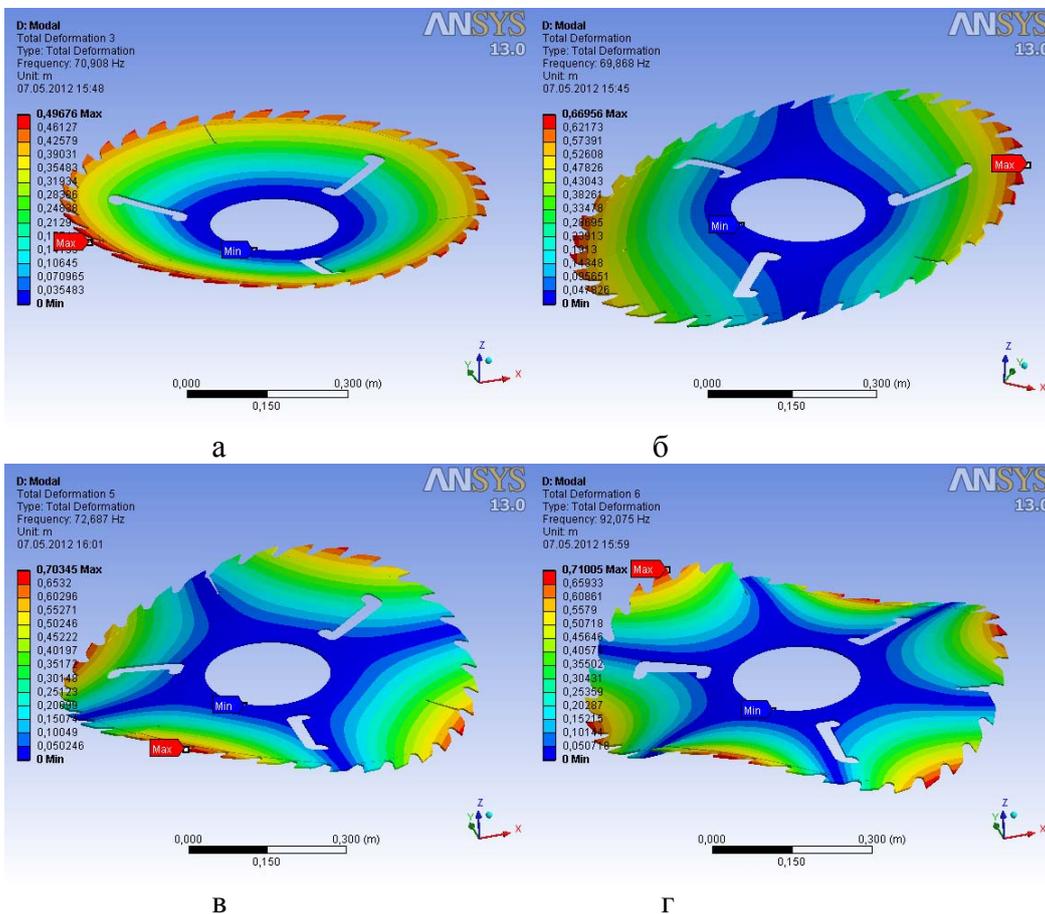


Рис. 1. Формы изгибных колебаний круглой пилы:

- а – без узловых диаметров и окружностей; б – с одним узловым диаметром;
- в – с двумя узловыми диаметрами; г – с тремя узловыми диаметрами

Колебания диска представляют собой сложную интерференционную картину волн, распространяющихся в диске. Поверхность диска при колебаниях может быть выражена уравнением [2, 3]

$$y(r, \varphi, t) = X(r) \sin \lambda \varphi \cos \rho t, \quad (1)$$

где r – радиус;

X – функция, определяющая форму колебаний диска по радиусу;

φ – угол, отсчитываемый от некоторого начального радиуса;

λ – число узловых диаметров;

t – время;

ρ – собственная круговая частота колебаний диска.

Выражение (1) по известным тригонометрическим зависимостям преобразуется к виду:

$$y(r, \varphi, t) = \frac{1}{2} X(r) \sin \lambda \left(\varphi - \frac{\rho}{\lambda} t \right) + \frac{1}{2} X(r) \sin \lambda \left(\varphi + \frac{\rho}{\lambda} t \right). \quad (2)$$

Из выражения (2) деформация диска при колебании может быть определена как сумма двух составляющих. Каждая из этих составляющих представляет собой по окружности любого радиуса цепь из λ волн. Таким образом, колебания вращающегося диска могут быть рассматриваемы как наложение двух одинаковых цепей волн, бегущих по диску вокруг его оси в разные стороны с одинаковой угловой скоростью (по отношению к диску):

$$\omega = \frac{\rho}{\lambda}. \quad (3)$$

Неподвижный в пространстве наблюдатель различает «вперёд бегущую цепь волн», перемещающуюся в направлении вращения диска, и «назад бегущую цепь волн», перемещающуюся в обратном направлении. Относительно неподвижного наблюдателя частоты вращения вперед n_1 и назад n_2 бегущих цепей волн равны:

$$n_1 = \frac{v}{\lambda} + n, \quad (4)$$

$$n_2 = \frac{v}{\lambda} - n. \quad (5)$$

где n – частота вращения диска, Гц;

v – собственная частота колебаний диска, Гц

Величина n_1 всегда положительна, а величина n_2 может быть положительной и отрицательной. При $n_2 < 0$ назад бегущая цепь волн движется по диску медленнее его вращения и, следовательно, переносится диском вперед.

При $n_2 = 0$ назад бегущая цепь волн остаётся неподвижной в пространстве, так как она движется по диску назад с той же скоростью, с которой диск вращается вперед. Такую цепь волн называют стоящей или неподвижной в пространстве. Для возбуждения и поддержания во вращающемся диске резонансных колебаний этого типа достаточно приложить к диску неподвижную и сосредоточенную силу, имеющую частоту, равную нулю, т.е. постоянное усилие. Это обстоятельство заставляет считать колебания с неподвижной в пространстве цепью волн наиболее опасными из всех резонансов. Число оборотов диска, при котором назад бегущая цепь волн является стоящей в пространстве, называют критическим числом оборотов диска [2, 3]:

$$n_{кр} = \frac{V}{\lambda}. \quad (6)$$

Также явление резонанса имеет место, если скорость вращения волн кратна скорости вращения диска пилы [2, 3]. При этом различают нижние и верхние резонансные частоты вращения диска. Нижними резонансными частотами называют частоты, при которых частоты действующих в системе возбуждающих сил совпадают с частотой назад бегущей цепи волн. Верхними резонансными частотами называют частоты, при которых частоты возбуждающих сил совпадают с частотой вперёд бегущей цепи волн. Нижнее резонансное число оборотов диска определяется:

$$n_{рез.}^н = \frac{V}{k + \lambda}, \quad (7)$$

где $k = 1, 2, 3, \dots$.

Верхнее резонансное число оборотов диска:

$$n_{рез.}^в = \frac{V}{k + \lambda}, \quad (8)$$

где $k = 1, 2, 3, \dots, (\lambda-2)$

Существует бесчисленное множество нижних и $(\lambda-2)$ верхних резонансных частот вращения. Как показали исследования Г.И. Юзefовича, колебания на критических частотах вращения являются динамически неустойчивыми, в то время как колебания на резонансных частотах вращения – динамически устойчивы [5].

Опыт эксплуатации круглых пил показывает, что наиболее опасны колебания по формам с числом узловых диаметров $\lambda \leq 5$, при этом колебаний с узловыми окружностями не наблюдается [1].

Графическое представление зависимостей (4), (5), (6), (7) и (8) от частоты вращения диска известно под названием частотной диаграммы, или диаграммы Кэмпбелла (рис. 5).

Рассмотрим пример определения наиболее рационального числа оборотов круглой пилы с компенсационными прорезями (рис. 2) диаметром 800 мм и толщиной 4,2 мм закрепленной в планшайбах диаметром 240 мм.

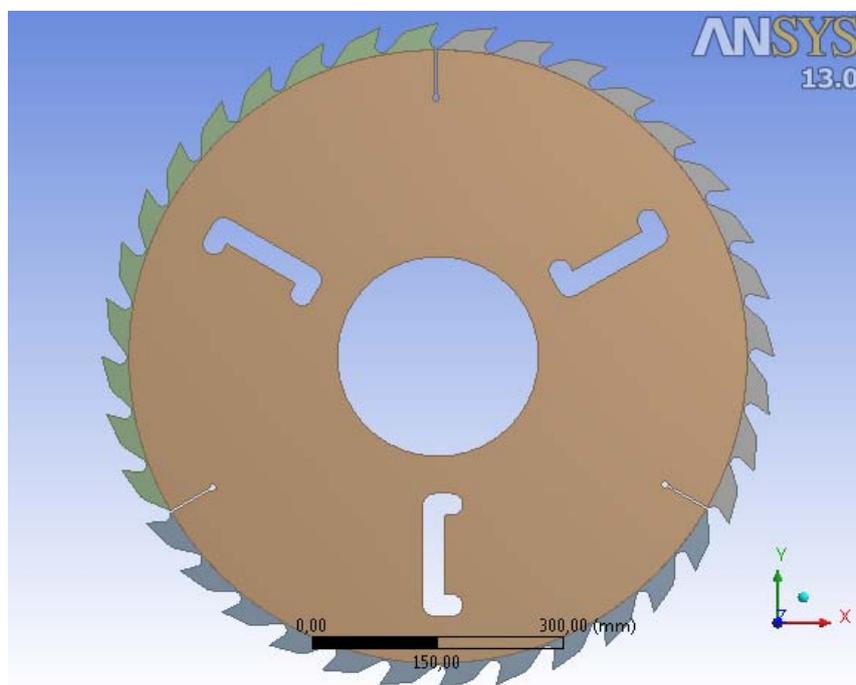


Рис. 2. Круглая пила с тремя внутренними и тремя наружными компенсационными прорезями

В процессе распиловки древесины на полотне круглой пилы действуют силы резания, центробежные силы инерции, и тепловая нагрузка. Эти факторы приводят к появлению внутренних напряжений в полотне пилы, которые, в свою очередь, оказывают существенное влияние на собственные частоты колебаний диска.

В рассматриваемом примере считаем, что при пилении древесины температура нагрева полотна пилы на периферии составила 80 °С. Диск пилы изготовлен из стали 9ХФ, которая имеет модуль упругости (Юнга) $2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона 0,27 и плотность 7850 кг/м³. В процессе пиления происходит конвективный теплообмен между пильным диском и воздухом. Коэффициент теплоотдачи зависит от линейной скорости поверхности пилы и был принят [4]:

$$\alpha(r) = c \lambda_f \omega^\psi v_f^{-\psi} r^{2\psi-1}, \quad (9)$$

где ω – угловая скорость вращения диска;

c и ψ – коэффициенты, зависящие от вида, параметров охлаждающей среды и условий охлаждения ($c=0,0287$, $\psi=0,8$);

λ_f – коэффициент теплопроводности воздуха при температуре окружающей среды (0,0259 Вт/(м²·°С));

v_f – коэффициент кинематической вязкости воздуха при температуре окружающей среды ($15,06 \cdot 10^{-6}$ м²/с).

Коэффициент линейного расширения материала пилы равен $11,5 \cdot 10^{-6}$ С⁻¹.

Коэффициент теплопроводности материала диска 44,7 Вт/(м²·°С). Температура окружающей среды была принята 20 °С.

Все расчеты по вычислению собственных частот колебаний диска круглой пилы выполнялись в программном комплексе ANSYS. Как было изложено выше, на собственные частоты колебаний оказывают влияние центробежные силы инерции, которые, в свою очередь, зависят от числа оборотов пилы. Соответственно расчеты проводились для ряда чисел оборотов. На первом этапе вычислялось тепловое поле в полотне пилы (рис. 3), на втором этапе определялось напряженное состояние полотна от действия центробежных сил и тепловой нагрузки (рис. 4). На третьем этапе вычислялись собственные частоты соответствующих форм колебаний пилы. На основе проведенных расчетов и при помощи зависимостей (4), (5) была построена диаграмма Кемпбелла, представленная на рис. 5.

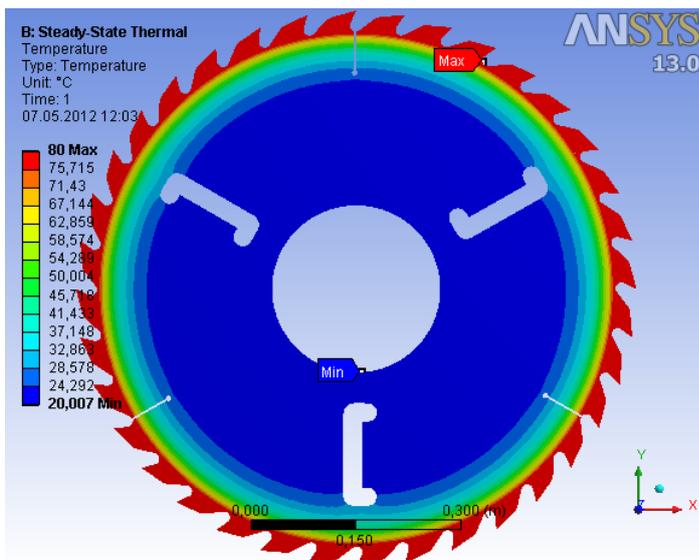


Рис.3. Тепловое поле пильного диска

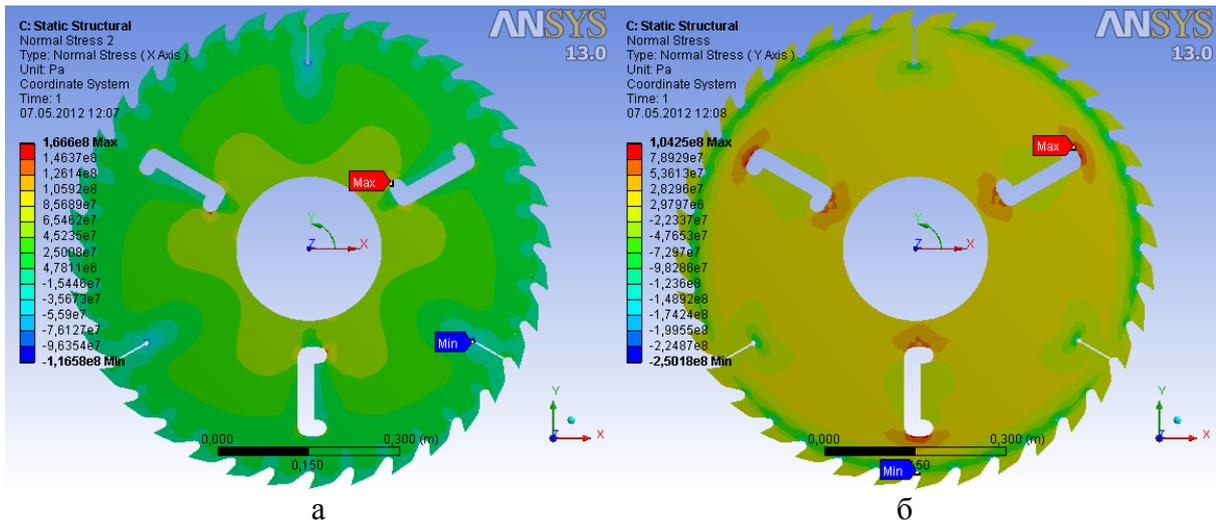


Рис. 4. Поле механических напряжений в полотне пилы в цилиндрической системе координат: а – нормальные радиальные напряжения; б – нормальные окружные напряжения

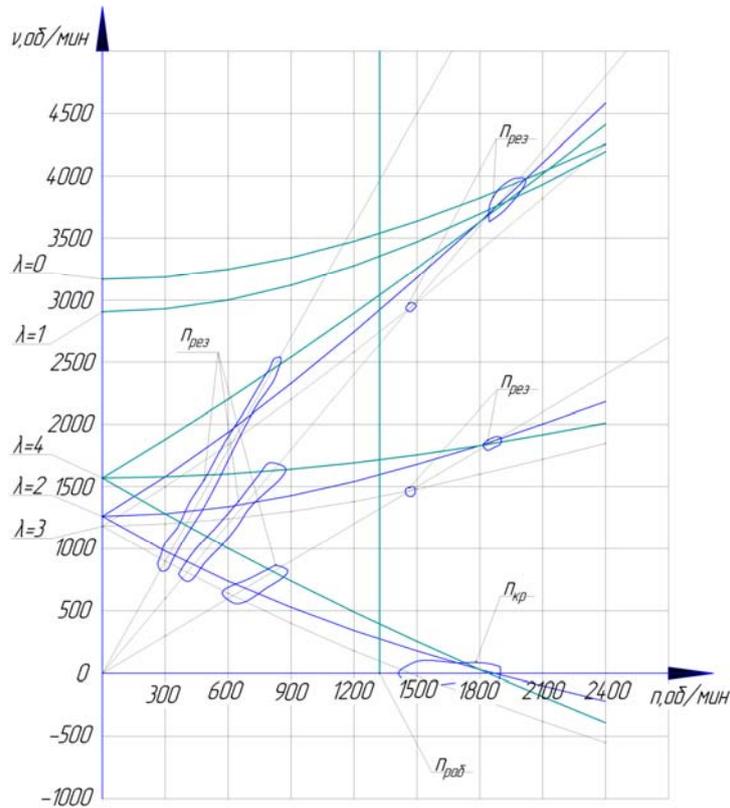


Рис. 5. Диаграмма Кэмпбелла рассчитанной круглой пилы

Из построенной диаграммы видно, что резонансные явления отсутствуют, если число оборотов круглой пилы будет находиться в диапазоне $900 \div 1400 \text{ мин}^{-1}$. Если учесть особенности выбора скоростей резания из теории резания древесины и тот факт, что при повышении числа оборотов повышается устойчивость пильного диска, то наи-

более рациональным числом оборотов пилы будет 1350 мин^{-1} . Применение данной методики позволяет обоснованно подойти к вопросу выбора числа оборотов круглой пилы.

Библиографический список

1. Стахийев Ю.М. Работоспособность плоских круглых пил. М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 384 с.
2. Кэмпбелл В. Аксиальная вибрация дисков паровых турбин и меры защиты от неё. М.: ОНТИ, 1937.-84 с.
3. Левин А.В. Рабочие лопатки и диски паровых турбин. Л.; М.: Госэнергоиздат, 1953. 634 с.
4. Пашков В.К. Теплофизика резания древесины круглыми пилами: монография. Екатеринбург: Урал.гос. лесотехн. ун-т, 2007.
5. Юзефович Г.И. Динамическая устойчивость круглых пил: дис. канд. техн. наук.-ЛТА, 1962.

И.Т. Глебов, В.В. Глебов
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
GIT5@yandex.ru

О СТОЙКОСТИ И ПРЕДЕЛЕ ВЫНОСЛИВОСТИ ХВОСТОВОЙ ФРЕЗЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ФАНЕРЫ (ABOUT STABLENESS AND STAYING POWERS LIMIT OF THE TAIL CUTTER FOR THE PLYWOODS PROCESSING)

В статье излагается конструкция хвостовой однозубой фрезы, снабженной неперетачиваемой одноразовой поворотной твердосплавной пластиной, рассмотрены понятие выносливости металла и метод расчета усталости металла фрезы.

In the article is expounded a construction of the tail single tooth cutter tha is supplied with disposabal rotary hard-alloy plate, there is also a definition of th metal's staying power and calculation method of metal-fatigue of the cutter.

В последние годы на деревообрабатывающих предприятиях широко используются обрабатывающие центры с ЧПУ, которые позволяют за одну установку заготовки, применяя различный хвостовой инструмент, выполнить все необходимые технологические операции для получения детали, например, выбрать гнезда и пазы, выполнить прямую или фасонную обработку кромок фанеры, нарезать шипы, выполнить скульптурные работы. Однако режущие кромки хвостовых фрез быстро затупляются, а корпус фрезы разрушается от усталостных напряжений.

Для повышения периода стойкости зубья фрезы оснащаются твердым сплавом: припаиваются пластины вольфрамо-кобальтового сплава ВК15, приваривается слой стеллита ВЗКР толщиной до 10 мм, механически крепятся неперетачиваемые твердосплавные пластины (НТП). Механическое крепление НТП считается наиболее перспективным. Их применение имеет следующие преимущества перед напаянными пластинками:

- исключение операций пайки и переточек обеспечивает повышение периода стойкости;
- быстросменность, повышение производительности обработки на 10...15 %;
- отсутствие остаточных напряжений в пластине и корпусе фрезы;
- взаимозаменяемость пластин;
- возможность использования более износостойких марок твердого сплава, склонных к образованию трещин при пайке и заточке;
- сокращение вспомогательного времени на смену и наладку затупившегося инструмента;
- упрощение инструментального хозяйства;
- постоянство размерных и геометрических параметров режущего инструмента, что особенно важно для станков с числовым программным управлением.

Фрезы с неперетачиваемыми пластинами имеют и недостатки. Для пластины с размерами, например, 60×12×1,5 мм отклонения размеров составляют по длине ±2,2 мм, по ширине ±0,4 мм, по толщине ±0,2 мм. Масса пластины из сплава ВК15 равна 15,1 г. Разница в массе тяжелой и легкой пластин составляет $m_{\Delta} = 0,02$ г. Хвостовые фрезы диаметром $D = 2...90$ мм работают с частотой вращения до 24000 мин⁻¹ и поэтому должны быть точно уравновешены, сбалансированы.

При замене пластин без последующей балансировки на вращающуюся фрезу будет действовать центробежная сила $F_{ц}$, Н:

$$F_{ц} = \frac{m_{\Delta} V^2}{r},$$

где m_{Δ} – неуравновешенная масса фрезы, кг;

V – окружная скорость фрезы, м/с;

r – радиус расположения центра неуравновешенной массы, м.

Для фрезы диаметром 14 мм, работающей с частотой вращения 24000 мин⁻¹, скорость главного движения $V = 17,6$ м/с, тогда

$$F_{ц} = \frac{m_{\Delta} V^2}{r} = \frac{0,02 \cdot 17,6^2}{1000 \cdot 0,007} = 0,9 \text{ Н.}$$

Надо ли при такой центробежной силе производить балансировку фрезы? Известна статическая и динамическая балансировка инструмента.

При статической балансировке остаточный дисбаланс $D_{ост}$ равен, г·см:

$$D_{ост} = mK,$$

где m – масса фрезы с оправкой, г;

K – коэффициент трения качения стальной оправки с фрезой по стальной направляющей; для закаленных сталей $K = 0,0005...0,001$ см.

При $m = 1$ кг, остаточный дисбаланс равен

$$D_{ост} = mK = 1000 \cdot (0,0005...0,001) = (0,5...1,0) \text{ г·см} = 10^{-5} (0,5...1,0) \text{ кг·м.}$$

Для фрезы диаметром 14 мм, работающей с частотой вращения 24000 мин⁻¹, скорость главного движения $V = 17,6$ м/с. При вращении от остаточного дисбаланса фрезы возникнет центробежная сила

$$F_{ц\text{ ост}} = \frac{D_{ост} V^2}{r^2} = \frac{10^{-5} (0,5...1,0) \cdot 17,6^2}{(0,014/2)^2} = (31,6...63,2) \text{ Н.}$$

Таким образом, статическая балансировка оказывается слишком грубой. Для понижения величины центробежной силы приходится уменьшать величину скорости главного движения путем снижения частоты вращения фрезы.

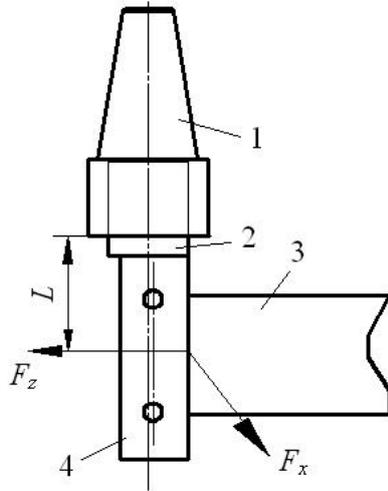


Рис. 1. Схема фрезерования хвостовой фрезой

Динамическая балансировка обеспечивает точное уравнивание, однако для ее выполнения необходим стенд дорогой по стоимости и сложный по конструкции. Ясно, что деревообрабатывающие предприятия такие стенды не имеют. Динамическая балансировка выполняется только на заводе-изготовителе фрез.

Однозубая хвостовая фреза показана на рис. 1 [1]. Неперетачиваемая пластина 4 механически закреплена на корпусе фрезы, хвостовик 2 которого жестко закреплен в оправке 1. Корпус фрезы обычно изготавливается из конструкционной стали марки 45 по ГОСТ 1050-88. При работе фреза вращается, и режущая кромка неперетачиваемой пластины 4 взаимодействует с листом фанеры 3. При этом со стороны заготовки на фрезу действуют силы резания касательная F_x и радиальная F_z . Действием центробежной силы пренебрегаем.

Касательная сила резания действует в течение поворота по дуге контакта режущей кромки с заготовкой и изгибает и скручивает корпус фрезы относительно точки закрепления в оправке. Изгибающий и крутящий моменты, Н·мм:

$$M_{ux} = F_{x \max} L; \quad M_{кр} = F_{x \max} r.$$

Радиальная сила резания тоже действует на дуге контакта и изгибает корпус фрезы относительно точки закрепления в оправке. Изгибающий момент, Н·мм:

$$M_{uy} = F_{z \max} L.$$

Для учета совместного действия изгибающих и крутящего моментов находят результирующий момент

$$M_{np} = \sqrt{M_{ux}^2 + M_{uy}^2 + 0,45M_{кр}^2}.$$

Угол поворота режущей кромки по дуге контакта может изменяться от нескольких градусов до 180° при формировании паза, например.

В точке закрепления корпуса фрезы (в опасном сечении) действуют нормальные σ напряжения, величину которых находят по формуле, МПа:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{np}}{W_x}.$$

Напряжения в течение цикла нагружения пульсируют от нуля до максимального значения. Среднее напряжение цикла

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{\sigma_{\max}}{2}.$$

Амплитуда переменных нормальных напряжений

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{\sigma_{\max}}{2}.$$

Усталость металла корпуса фрезы в опасном сечении. Усталостью называют разрушение металла корпуса в результате многократного приложения к нему нагрузок, вызывающих напряжения по своей величине меньших предела прочности металла. При усталости в металле накапливаются повреждения, которые приводят к образованию трещин, их развитию и разрушению материала за указанное время.

Иногда термин, *усталость*, заменяют обратным понятием, *выносливость*, которая показывает, сколько циклов нагружений может выдержать металл без разрушений. Эта величина возрастает по мере снижения напряжения. Чем меньше напряжение, тем больше циклов нагружений выдерживает металл до разрушения. Кроме того, при напряжении ниже некоторой минимальной величины (*предела выносливости*) металл не разрушается от усталости. Наличие трещин, острых надрезов, рисок, грубая шероховатость поверхности вызывают снижение предела выносливости.

Общепринято рассматривать усталостные свойства материала при переменных напряжениях. Величину переменного напряжения σ откладывают на графике по оси ординат и строят график в зависимости от логарифма числа n циклов нагружений, при



Рис. 2. Диаграмма усталости металла

котором произошло разрушение образца. Пример усталостной кривой для обычной стали показан на рис. 2. Для стальных деталей базовое число циклов нагружений равно $n_0 = 10^7$ [2]. Если стальная деталь не разрушилась до этого, то она сможет выдержать неограниченное число циклов нагружений.

Нисходящий участок диаграммы соответствует области ограниченной долговечности. По ней можно определить долговечность (в циклах) детали, работающей при напряжениях, превосходящих предел усталости. Кривую усталости в области ограниченной долговечности приближенно можно выразить уравнениями:

– для начальной точки, близкой по напряжению к пределу текучести σ_T

$$\sigma_T^m n_1 = C ; \quad (1)$$

– для точки, расположенной на уровне предела выносливости σ_D

$$\sigma_D^m n_0 = C , \quad (2)$$

где n_0, n_1 – число циклов нагружений при пределе выносливости и пределе текучести соответственно;

m – показатель степени; обычно для гладких деталей $m = 8 \dots 15$; для деталей с концентраторами напряжений $m = 3 \dots 8$;

C – константа.

Из уравнений (1) и (2) получим

$$\sigma_D = \left(\sigma_T \frac{n_1}{n_0} \right)^{\frac{1}{m}} . \quad (3)$$

Пример. Дано. Корпус хвостовой фрезы диаметром 14 мм выполнен из стали марки 45 по ГОСТ 1050-88 и термически обработан. Предел текучести стали $\sigma_T = 440$ МПа. Число циклов нагружений $n_o = 10^7$, $n_1 = 10^2$. Силы резания $F_x = 100$ Н, $F_z = 80$ Н. Плечо приложенных сил $L = 40$ мм.

Определить предел выносливости корпуса фрезы при $m = 4$.

Решение. 1. Предел выносливости

$$\sigma_D = (\sigma_T^m \frac{n_1}{n_o})^{\frac{1}{m}} = (440^4 \frac{10^2}{10^7})^{\frac{1}{4}} = 24,7 \text{ МПа.}$$

2. Изгибающие и крутящие моменты от сил резания

$$M_{ux} = F_{x \text{ max}} L = 100 \cdot 40 = 4000 \text{ Н}\cdot\text{мм};$$

$$M_{uy} = F_{z \text{ max}} L = 80 \cdot 40 = 3200 \text{ Н}\cdot\text{мм};$$

$$M_{кр} = F_{x \text{ max}} r = 100 \cdot 7 = 700 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

3. Приведенный момент в опасном сечении

$$M_{np} = \sqrt{M_{ux}^2 + M_{uy}^2 + 0,45M_{кр}^2} = \sqrt{4000^2 + 3200^2 + 0,45 \cdot 700^2} = 5144,0 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

4. Момент сопротивления корпуса фрезы

$$W_x = \frac{\pi r^3}{4} = \frac{3,14 \cdot 7^3}{4} = 269 \text{ мм}^3.$$

5. Напряжения в опасном сечении корпуса

$$\sigma_{\text{max}x} = \frac{M_{np}}{W_x} = \frac{5144,0}{269} = 19,1 \text{ МПа};$$

Вывод. Максимальные пульсирующие нормальные напряжения меньше напряжений предела выносливости, следовательно, фреза при заданном режиме работы может работать с неограниченным числом циклов нагружений.

Библиографический список

1. Рудак П.В., Гриневиц С.А. Влияние состояния режущей кромки концевой фрезерного режущего инструмента на коэффициент запаса по критерию усталостной прочности// Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды II международного евразийского симпозиума. Екатеринбург, 2007.
2. Грубе А.Э., Санев В.И. Основы теории и расчета деревообрабатывающих станков, машин и автоматических линий. М.: Лесн. пром-сть, 1973. 384 с.

И.Т. Глебов, В.В. Глебов
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
GIT5@yandex.ru

ВЫБОР ДЕЛИТЕЛЬНОГО КРУГЛОПИЛЬНОГО СТАНКА (THE CHOICE OF THE SEPARATORY ROUND-SAW MACHINE TOOL)

В статье рассмотрены круглопильные станки с нижним и верхним положением пильного вала, особенности стружкообразования при пилении и доказано, что при вы-

боре типа станка предпочтение следует отдавать станкам с верхним положением пильного вала.

The points of the article are round-saw machine tools with lower and upper position of the cutting shaft, special features of chip forming during sawing, and it is proved that when you choose the type of the machine tool you should prefer the machine tools with upper position of the cutting shaft.

На российском рынке для продольного деления пиломатериалов на заготовки предлагаются круглопильные станки с нижним и верхним положением пильного вала. Каждый тип станка имеет свои достоинства и недостатки. Известны критерии для рационального выбора станка. Ниже рассмотрен один из них.

Рассмотрим характер стружкообразования при продольном пилении древесины. Пусть пила одновременно совершает оба рабочих движения: главное и подачи со скоростями V и V_s соответственно. Угол между направлениями указанных скоростей называют углом подачи μ (рис. 1). По положению зуба пилы относительно волокон древесины на дуге контакта при пилении можно выделить несколько зон. В каждой зоне условия пиления древесины разные, и это отражается на качестве обработанной поверхности и на величине сил резания.

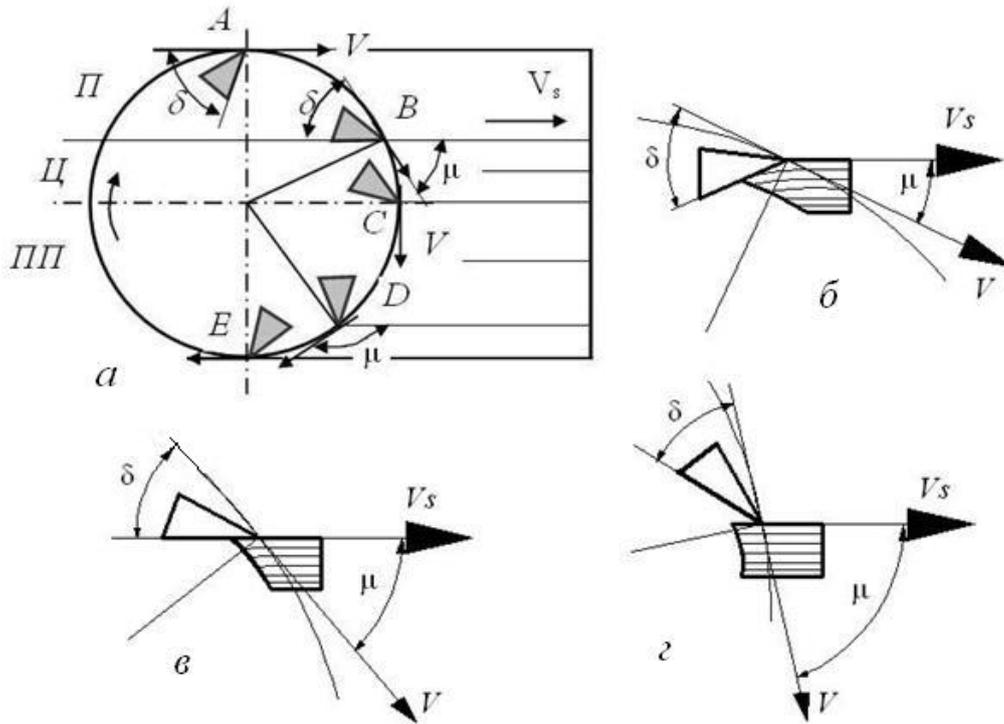


Рис. 1. Условия продольного пиления древесины:
 а – общая схема; б – на дуге АВ; в – в точке В; г – на дуге ВДЕ

При врезании режущей кромки зуба пилы в древесину в точке A угол подачи $\mu = 0^\circ$, равно как и угол встречи с волокнами древесины, измеряемый под плоскостью резания между вектором скорости главного движения V и волокнами древесины, $\varphi_в = 0^\circ$. Происходит продольное резание, которое затем переходит в продольно-торцовое резание.

На участке AB дуги контакта угол подачи μ меньше угла резания зуба пилы δ . Эту зону назовем периферийной Π . В периферийной зоне основную работу по отделе-

нию стружки выполняет передняя поверхность зуба (рис. 1,б). Волокна древесины срезаемого слоя сначала упираются в переднюю поверхность, сжимаются и изгибаются ею, как консольно закрепленная балка. Затем изогнутые волокна встречаются с режущей кромкой, которая надрезает их, после чего передняя поверхность оттесняет стружку от дна пропила. Таким образом, происходит сначала сжатие и изгиб волокон, а затем их надрезание. Передняя поверхность зуба пилы стремится оторвать срезаемый слой в плоскости волокон древесины. Перед режущей кромкой может образоваться опережающая трещина, направленная в массив.

В точке B дуги контакта $\mu = \varphi_0 = \delta$, и передняя поверхность зуба расположена параллельно волокнам древесины. Здесь резание переходит в центральную зону C (рис. 1,в). Расстояние от горизонтальной диаметральной плоскости пилы до уровня начала центральной зоны $h_2 = \frac{D}{2} \cos \delta$.

В центральной зоне на участке дуги BC $\delta \leq \mu \leq 90^\circ$ (рис. 1,г). В этой зоне волокна древесины сначала перерезаются главной режущей кромкой, а затем передняя поверхность их начинает отодвигать от дна пропила. Организация процесса резания стала более благоприятной. Однако в центральной зоне резание древесины приближается к торцовому, что значительно затрудняет перерезание волокон. Сопротивление резанию увеличивается и достигает максимального значения в точке C , где выполняется чисто торцовое резание. При затупившейся режущей кромке перерезать волокна древесины становится все труднее.

При пилении круглой пилой различают два вида пиления: встречное и попутное. Если оба рабочих движения (главное и подачи) выполняются пилой, то:

- при $0 \leq \mu \leq 90^\circ$ выполняется встречное пиление;
- при $90^\circ \leq \mu \leq 180^\circ$ происходит попутное пиление.

В точке C пиление из встречного переходит в попутное ПП, зона которого расположена на дуге CDE . В этой зоне условия перерезания волокон режущей кромкой зуба пилы благоприятные, угол подачи $90^\circ \leq \mu \leq 180^\circ$. При подходе к точке E резание переходит от торцового к продольному, силы резания уменьшаются. Условия пиления становятся более благоприятными. Однако, если на выходе зубьев пилы отсутствует достаточный подпор волокон, то на обратной стороне доски образуются сколы.

Рассмотрим условия пиления на станках с нижним положением пильного вала и с верхним положением пильного вала (рис. 2). В станках с нижним положением пилы пильный вал расположен под столом станка, и пиление происходит верхней частью диска пилы. В станках с верхним положением пильного вала пила расположена над столом станка, над заготовкой и пиление осуществляется нижней частью диска пилы. Примем для обоих станков максимальную высоту пропила 80 мм, диаметр пилы 360 мм, угол резания зуба $\delta = 55^\circ$, пиление встречное.

Если считать, что наилучшие условия пиления происходят в центральной зоне, когда угол подачи больше угла резания зуба пилы, т.е. $\mu \geq \delta$, то для станка с нижним положением пильного вала максимальная высота пропила в центральной зоне

$$\begin{aligned} t_{\max} &= h_2 - h, \\ t_{\max} &= \frac{D}{2} \cos \delta - h, \end{aligned} \quad (1)$$

где h – расстояние от центра пилы до стола, $h = 90$ мм;

t_{\max} – высота пропила заготовки, распиливаемой центральной зоной пилы, мм;

D – диаметр пилы, мм.

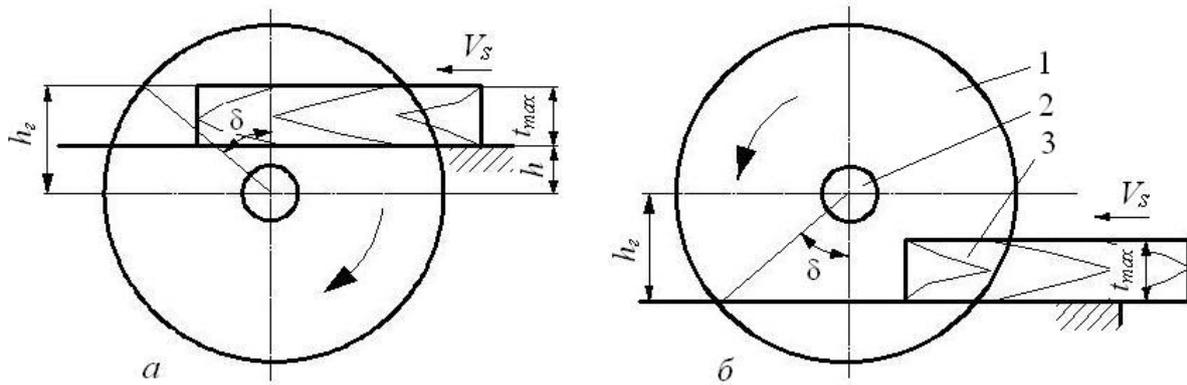


Рис. 2. Схемы пиления на станках:
 а – с нижним положением пилы; б – с верхним положением пилы: 1 – пила; 2 – зажимной фланец; 3 – заготовка

Для заданных условий

$$t_{\max} = \frac{D}{2} \cos \delta - h = \frac{360}{2} \cos 55^\circ - 90 = 13,2 \text{ мм.}$$

Для станка с верхним положением пильного вала максимальная высота пропила, обрабатываемая центральной зоной пилы, находится так:

$$t_{\max} = \frac{D}{2} \cos \delta - \frac{D_\phi}{2} - 10, \quad (2)$$

где D_ϕ – диаметр зажимного фланца, $D_\phi = 100$ мм;

10 – зазор между заготовкой и зажимным фланцем.

$$t_{\max} = \frac{D}{2} \cos \delta - \frac{D_\phi}{2} - 10 = \frac{360}{2} \cos 55^\circ - \frac{100}{2} - 10 = 43,2 \text{ мм.}$$

Это означает, если распиливается заготовка толщиной 80 мм, то:

– для станка с нижним положением пильного вала нижняя часть заготовки толщиной $t_{\max} = 13,2$ мм распиливается центральной зоной пилы с благоприятными условиями перерезания волокон; остальная часть толщины заготовки распиливается в менее благоприятных условиях с повышенными затратами энергии;

– для станка с верхним положением пильного вала верхняя часть заготовки толщиной $t_{\max} = 43,2$ мм распиливается центральной зоной пилы с благоприятными условиями перерезания волокон, а остальная часть – в менее благоприятных условиях.

В станках с верхним положением пильного вала пильный суппорт с пилой при настройке можно перемещать по высоте и уровень центральной зоны можно максимально приблизить к поверхности стола. Эти станки позволяют максимально задействовать центральную зону пилы при пилении.

Максимальную высоту пропила в центральной зоне можно увеличить с увеличением диаметра пилы. Так для пилы диаметром $D = 500$ мм и $D_\phi = 125$ мм по формуле (2) получим

$$t_{\max} = \frac{D}{2} \cos \delta - \frac{D_\phi}{2} - 10 = \frac{360}{2} \cos 55^\circ - \frac{125}{2} - 10 = 70,9 \text{ мм.}$$

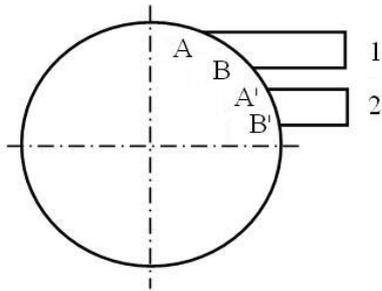


Рис. 3. Расположение заготовки относительно пилы

Известно, что износ режущих кромок зубьев пилы зависит от длины пути контакта зубьев в заготовке. Зубья круглой пилы совершают в заготовке дугообразные траектории (рис. 3).

Заготовку можно расположить относительно центра пилы в положение 1 или 2. Тогда длина дуги контакта зуба пилы с заготовкой будет соответственно AB или $A'B'$. Ясно, что дуга AB длиннее дуги $A'B'$. Если длину дуги контакта обозначить символом l , то за время T между переточками величина затупления режущей кромки зуба будет равна, мкм:

$$\Delta\rho = \gamma_{\Delta} \ln TK_n K_u / 1000,$$

где γ_{Δ} – величина затупления лезвия на 1 м пути, мкм/м;

n – частота вращения пилы, мин^{-1} ;

K_n, K_u – соответственно коэффициент производительности и использования станка.

Отсюда можно сделать следующий вывод: при пилении древесины центральной зоной пилы затупление зубьев происходит медленнее, а, следовательно, энергозатраты и мощность электродвигателя механизма пиления будут меньше.

При выборе типа круглопильного станка предпочтение следует отдать станку с верхним положением пильного вала. Они позволяют опускать пилу при настройке и максимально задействовать в работе центральную зону пилы.

Проведенные недавно в БГТУ (г. Минск) исследования В.Т. Лукаш, С.А. Гри-

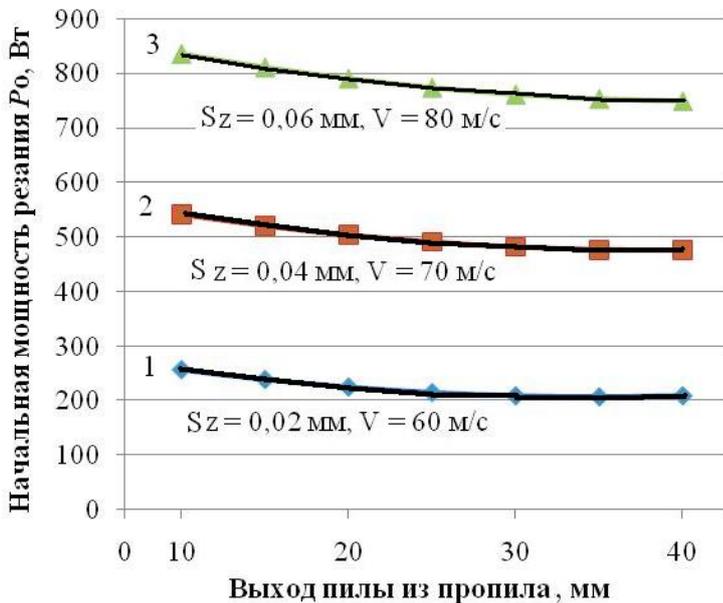


Рис. 4. Влияние выхода пилы из пропила на мощность пиления ЛДСТП

невич по пилению ламинированных древесностружечных плит на станке с нижним положением пильного вала полностью подтверждают наши предположения (рис. 4). Графики показывают, чем больше выход диска пилы из пропила, чем ближе заготовка расположена к центру пилы, тем меньше затрачиваемая мощность на пиление плит. Здесь одновременно проявляется влияние характера стружкообразования и затупления режущих кромок зубьев пилы.

И.Т. Глебов, В.В. Глебов
 УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
 GIT5@yandex.ru

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ КРУГЛОПИЛЬНОГО РАСКРЯЖЕВОЧНОГО СТАНКА (CALCULATION OF POWER OF THE ROUND-SAW LOG CUTTER)

Изложена методика определения пути продвижения пилы при делении кряжа на чураки, средней дуги контакта пилы с древесиной кряжа, удельной работы резания и мощности пиления. Показано решение задачи на примере.

There is expounded a methodology of determination of the way of saws shoving in blocks dividing by blanks, middle arc of saws contact with a blocks wood, specific slicing work and sawing power. A solution of the task is shown in example.

Раскряжевочные станки предназначены для раскряга фанерных кряжей по длине на чураки. Кряжи диаметром 16...60 см распиливаются в поперечном направлении пилами диаметром до 1250; 1500 мм и толщиной 5,0...5,5 мм. Зубья пил разводятся с уширением на сторону до 1,5...2,0 мм, так что ширина пропила достигает 8 мм, а иногда до 12 мм. Мощность электродвигателей механизмов главного движения современных раскряжевочных станков составляет 30...40 кВт. При этом в технической литературе нет четких рекомендаций по расчету мощности подобных станков.

Для поперечного раскряга кряжей на чураки используют станки с механизмом продвижения маятникового типа, балансирные, суппортные.

На рис. 1, а приведена расчетная схема пути продвижения пилы в направлении подачи для раскряжевочного станка маятникового типа. На схеме показан роликовый конвейер 1, на котором перемещается и базируется при поперечной распиловке кряж 2. Маятник 4 с круглой пилой 5 шарнирно закреплен на верхней стойке 3 и может совершать от отдельного привода качательное движение относительно кряжа. Пила показана в положении врезания в древесину и выхода из кряжа.

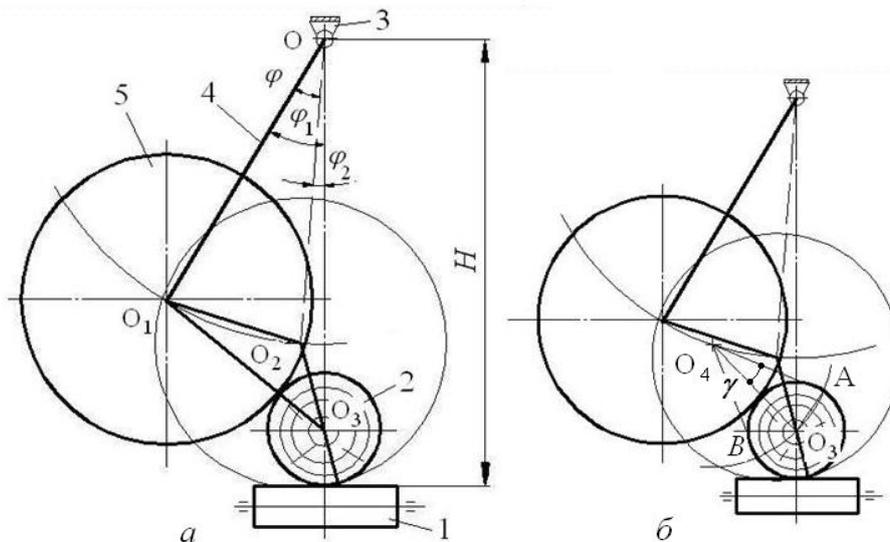


Рис. 1. Расчетная схема деления кряжа на чураки:

а – к расчету пути продвижения пилы на кряж; б – к расчету дуги контакта пилы с древесиной; 1 – конвейер; 2 – кряж; 3 – стойка маятника; 4 – маятник; 5 – пила

Верхняя стойка расположена над роликовым конвейером на высоте H , мм:

$$H = L + 0,5D - 10, \quad (1)$$

где L – длина маятника OO_1 , мм;

D – диаметр пильного диска, мм.

Путь надвигания пилы равен отрезку дуги $l = O_1O_2$ между центрами пилы в крайних положениях. Для ее нахождения отметим:

– расстояние $O_1O_3 = R + r$, где R – радиус пилы, мм; r – радиус кряжа, мм;

– расстояние $O_2O_3 = R - r$;

– расстояние $OO_3 = H - r$.

Угол

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2. \quad (2)$$

Используя теорему косинусов [1], получим значение углов, рад.:

$$\varphi_1 = \arccos\left(\frac{L^2 + (H - r)^2 - (R + r)^2}{2L(H - r)}\right); \quad (3)$$

$$\varphi_2 = \arccos\left(\frac{L^2 + (H - r)^2 - (R - r)^2}{2L(H - r)}\right). \quad (4)$$

Тогда путь надвигания пилы равен, мм:

$$l = L\varphi. \quad (5)$$

Из полученных формул следует, что величина пути надвигания пилы зависит от нескольких факторов: длины маятника, высоты расположения стойки маятника, радиусов пилы и распиливаемого кряжа. Только при оптимальном выборе указанных параметров можно сократить путь надвигания и уменьшить мощность механизма главного движения станка.

Длина дуги контакта l_k зубьев пилы с древесиной кряжа изменяется от нуля в момент врезания пилы в кряж до максимального значения AB (рис. 1, б), когда дуга окружности пилы проходит через центр O_3 поперечного сечения кряжа. В расчетах удобно пользоваться средним значением дуги контакта, которое равно половине дуги AB и равно длине дуги O_3A .

Из треугольника O_3O_4A получим

$$r^2 = R^2 + R^2 - 2R^2 \cos \gamma.$$

Отсюда угол контакта, рад.:

$$\gamma = \arccos \frac{2R^2 - r^2}{2R^2}.$$

Тогда средняя длина дуги контакта

$$l_{k\text{ ср}} = R\gamma.$$

Расчет мощности механизма главного движения начинают с определения удельной силы резания $F_{уд}$, МПа, количественно равной значению удельной работы резания K , Дж/см³. Для поперечного пиления острыми круглыми пилами свежесрубленной древесины сосны значение удельной работы резания можно принять по табл. 1, 2.

Таблица 1

Значения удельной работы резания по данным Гороховского К.Ф. [1]

| Ширина пропи- ла b , мм | Значения K , Дж/ см ³ , при подаче на зуб S_z , мм | | | | | | |
|------------------------------|---|------|------|------|-----|------|-----|
| | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,1 | 0,15 | 0,2 |
| 3,5 | 100 | 86 | 77 | 72 | 67 | 61 | 55 |
| 5,0 | 83 | 68 | 61 | 54 | 50 | 42 | 39 |
| 8,0 | - | 43 | 38 | 33 | 30 | 26 | 24 |

Таблица 2

Значения удельной работы резания по данным Шелгунова Ю. В. [2]

| Ширина пропи- ла b , мм | Значения K , Дж/ см ³ , при подаче на зуб S_z , мм | | | |
|------------------------------|---|------|------|------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 5,0 | 34,3 | 26,5 | 23,5 | 22,6 |
| 8,0 | 29,4 | 22,6 | 20,6 | 19,6 |
| 12 | 25,5 | 19,6 | 17,6 | 16,6 |

По данным А.Л. Бершадского, после обработки экспериментальных результатов А.А Смирнова, для расчета удельной работы резания при поперечном пилении древесины сосны влажностью 15...20% и угле боковой заточки 65° предложено уравнение, Дж/ см³:

$$K = \frac{7,7}{S_z^{0,15} b^{0,5}} \quad (6)$$

Наконец, значение удельной силы резания по обработанным данным ЦНИИ-МОД можно найти по формуле

$$F_{y0} = a_n a_w \left(k + \frac{\alpha_\rho p}{S_z} \right), \quad (7)$$

где k – касательное давление древесины на переднюю грань зуба, МПа;

p – фиктивная сила резания, Н/мм;

α_ρ – коэффициент затупления зуба;

a_n , a_w – поправочные коэффициенты на породу и влажность соответственно.

Значения p и k при поперечном пилении древесины сосны приведены ниже [3]:

– $p = 1$ Н/мм;

– значение k , МПа:

$$k = 60,76 - 13,72b + (0,41 - 0,0059\gamma)\beta_1, \quad (8)$$

где b – ширина пропила, мм; при поперечном пилении толщина срезаемого слоя $a = b$;

γ – передний угол, град;

β_1 – угол заточки боковой кромки (угол заострения измеряется в теле зуба).

Коэффициент затупления [4]

$$\alpha_\rho = 1 + \left(1 + 0,1 \frac{k}{p} \right) \frac{\Delta_\rho}{\rho_o + 50}, \quad (9)$$

где Δ_ρ – величина затупления зубьев пилы, мкм;

ρ_o – величина радиуса закругления боковых режущих кромок зубьев восстановленных (острых), мкм; $\rho_o = 10$ мкм.

Из приведенных табл. 1 и 2 и формул (6), (7), (8) следует, что с увеличением подачи на зуб пилы и ширины пропила значение удельной работы резания убывает.

Проведем сопоставительный анализ значений удельной работы резания, принимаемой по выше предложенным способам. Для этого выполним расчет значений удельной работы резания (или примем табличное значение) для ширины пропила $b=8,0$ мм, передний угол зуба $\gamma = 0^\circ$, угол боковой заточки зубьев $\beta_1 = 65^\circ$ и полученные данные сведем в табл. 3.

Таблица 3

Значения удельной работы резания, полученные для сопоставительного анализа при $b=8,0$ мм, пилы острые

| Источник данных | Значения K , Дж/см ³ , при подаче на зуб S_z , мм | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
| | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,1 | 0,15 | 0,2 |
| По табл. 1 | - | 43 | 38 | 33 | 30 | 26 | 24 |
| По табл. 2 | - | - | - | - | 29,4 | - | 22,6 |
| $K = \frac{7,7}{S_z^{0,15} b^{0,5}}$ | 4,9 | 4,41 | 4,27 | 3,98 | 3,85 | 3,62 | 3,47 |
| $F_{y\partial} = a_n a_w (k + \frac{\alpha_p P}{S_z})$ | Формула справедлива при $b \leq 5,5$ мм; при больших значениях b величина k получается отрицательная по знаку | | | | | | |

Данные табл. 3 позволяют сделать вывод, что значение удельной работы резания для расчета мощности при поперечной распиловке фанерных кряжей следует брать по табл. 1 или 2.

Поскольку данные таблиц заметно отличаются, рекомендуется принимать средние расчетные значения удельной работы резания. Для этого табличные значения выражены графически (рис. 2), по ним построена средняя расчетная кривая, описанная математически с величиной достоверности аппроксимации $R^2 \approx 0,99$:

$$\begin{aligned}
 - b = 5 \text{ мм} \quad K &= \frac{20,836}{S_z^{0,2898}}; \\
 - b = 8 \text{ мм} \quad K &= \frac{13,315}{S_z^{0,3574}}; \\
 - b = 12 \text{ мм} \quad K &= \frac{12,18}{S_z^{0,3137}}.
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Для определения величины коэффициента затупления по формуле (9) найдем значение k . Из выражения (7) для острой пилы получим для древесины сосны

$$k = K - \frac{P}{S_z}.
 \tag{11}$$

Для расчета мощности поперечного пиления предложены степенные формулы Грубе А.Э., Санева В.И., Ивановского Е.Г., эмпирические формулы А.Л. Бершадского, формулы, использующие табличные значения удельной силы резания, однако все они непригодны для решения данной задачи, так как составлены для условий, отличающихся от условий раскряжевки кряжей.

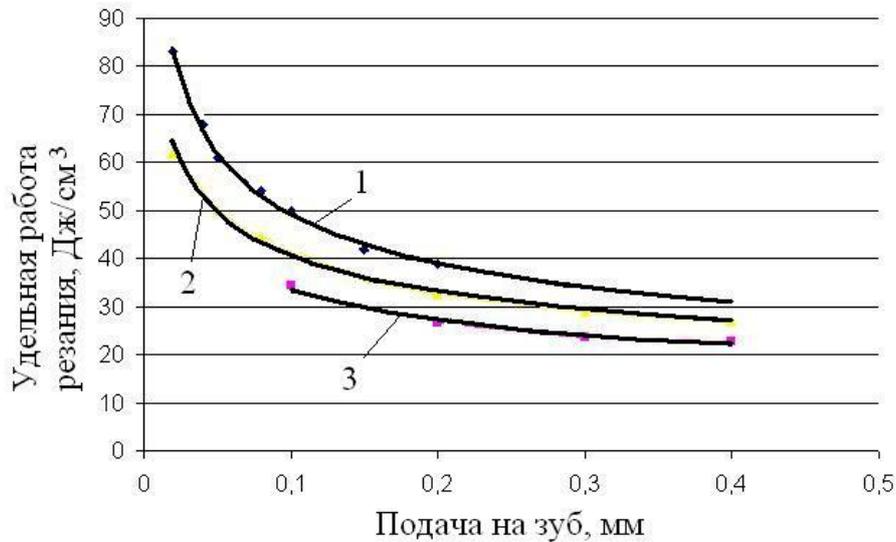


Рис. 2. График зависимости удельной работы резания при поперечном пилении от подачи на зуб при $b = 5$ мм: 1 – по данным Гороховского К.Ф.; 2 – среднее расчетное значение; 3 – по данным Шелгунова Ю.В.

Мощность поперечного распиливания кряжа может быть найдена по объемной формуле, кВт:

$$P = \frac{Kv_1}{1000}, \quad (12)$$

где v_1 – секундный объем образуемого пропила в кряже, $\text{см}^3/\text{с}$.

Объем пропила, см^3 :

$$v_n = \frac{\pi d_q^2}{4} b, \quad (13)$$

где d_q – диаметр чурака, см;

b – ширина пропила, см.

Цикл времени выполнения одного пропила, с:

$$t_u = \frac{0,06l}{V_s}, \quad (14)$$

где V_s – скорость подачи (скорость надвигания пилы на кряж), м/мин.

Секундный объем срезаемой древесины, $\text{см}^3/\text{с}$:

$$v_1 = \frac{v_n}{t_u}. \quad (13)$$

Пример. Дано: на круглопильном станке распиливаются березовые кряжи на чураки. Диаметр пилы $D = 1500$ мм, толщина ее диска $S = 5,5$ мм, количество зубьев $z = 72$ шт., уширение разведенных зубьев на сторону $S' = 1,5$ мм, частота вращения пильного вала 700 мин^{-1} . Диаметр отпиливаемых чураков $d_q = 52$ см, скорость подачи $V_s = 20$ м/мин.

Определить мощность механизма главного движения и силы резания.

Решение. 1. Находим значение ширины пропила

$$b = S + 2S' = 5,5 + 2 \cdot 1,5 = 8,5 \text{ мм.}$$

2. Скорость главного движения

$$V = \frac{\pi D n}{60000} = \frac{3,14 \cdot 1500 \cdot 700}{60000} = 55 \text{ м/с.}$$

3. Находим объем пропила по формуле:

$$v_n = \frac{\pi d_u^2}{4} b = \frac{3,14 \cdot 52^2}{4} \cdot 0,85 = 1804,2 \text{ см}^3.$$

4. Параметры раскрывочной установки:

– длина маятника $L = 1500$ мм;

– высота расположения верхней стойки маятника над конвейером

$$H = L + 0,5D - 10 = 1500 + 0,5 \cdot 1500 - 10 = 2240 \text{ мм.}$$

5. Угол поворота маятника при контакте зубьев пилы с древесиной кряжа:

– угол поворота маятника в момент врезания пилы в кряж

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \arccos\left(\frac{L^2 + (H - r)^2 - (R + r)^2}{2L(H - r)}\right) = \\ &= \arccos\left(\frac{1500^2 + (2240 - 260)^2 - (750 + 260)^2}{2 \cdot 1500 \cdot (2240 - 260)}\right) = 0,5131 \text{ рад.;} \end{aligned}$$

– угол поворота маятника в момент выхода пилы из кряжа

$$\begin{aligned} \varphi_2 &= \arccos\left(\frac{L^2 + (H - r)^2 - (R - r)^2}{2L(H - r)}\right) = \\ &= \arccos\left(\frac{1500^2 + (2240 - 260)^2 - (750 - 260)^2}{2 \cdot 1500 \cdot (2240 - 260)}\right) = 0,2467 \text{ рад.;} \end{aligned}$$

– угол поворота маятника при пилении

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 0,5131 - 0,2467 = 0,2664 \text{ рад.}$$

6. Путь надвигания пилы

$$l = L\varphi = 1500 \cdot 0,2664 = 400 \text{ мм.}$$

7. Найдем время формирования пропила

$$t_u = \frac{0,06l}{V_s} = \frac{0,06 \cdot 400}{20} = 1,2 \text{ с.}$$

8. Определим секундный объем срезаемой стружки по формуле

$$v_1 = \frac{v_n}{t_u} = \frac{1804,2}{1,2} = 1503,5 \text{ см}^3/\text{с.}$$

9. Находим значение подачи на зуб

$$S_z = \frac{1000V_s}{zn} S_z = \frac{1000 \cdot 20}{72 \cdot 700} = 0,397 \text{ мм.}$$

10. Находим касательное давление древесины сосны на переднюю грань острого зуба (принимая значение K для ширины пропила $b = 8$ мм; значение $p = 1$ Н/мм):

$$k = K - \frac{p}{S_z} = \frac{13,315}{S_z^{0,3574}} - \frac{1}{S_z} = 16,0 \text{ МПа.}$$

11. Определим средний угол контакта пилы с кряжом, рад.:

$$\gamma = \arccos \frac{2R^2 - r^2}{2R^2} = \arccos \frac{2 \cdot 750^2 - 260^2}{2 \cdot 750^2} = 0,348 \text{ рад.}$$

12. Средняя длина дуги контакта пилы с кряжом

$$l_{к\text{ ср}} = R\gamma = 750 \cdot 0,348 = 261,3 \text{ мм.}$$

13. Находим величину затупления зубьев пилы

$$\Delta_\rho = \frac{\gamma_\Delta l_{к\text{ ср}} n}{1000} TK_n K_u = \frac{0,001 \cdot 261,3 \cdot 700}{1000} \cdot 180 \cdot 0,55 \cdot 0,8 = 14,5 \text{ мкм.}$$

14. Коэффициент затупления при начальном радиусе $\rho_o = 10$ мкм:

$$\alpha_\rho = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p}) \frac{\Delta_\rho}{\rho_o + 50} = 1 + (1 + 0,1 \frac{16,0}{1,0}) \frac{14,5}{10 + 50} = 1,63.$$

15. Находим значение удельной работы резания для древесины березы при пи- лении затупленными зубьями пилы

$$K_\sigma = a_n (k + \frac{\alpha_\rho p}{S_z}) = 1,25 \cdot (16,0 + \frac{1,63 \cdot 1}{0,397}) = 24,13 \text{ Дж/см}^3.$$

16. Находим мощность электродвигателя механизма главного движения при КПД передачи $\eta = 0,92$:

$$P = \frac{K_\sigma v_1}{1000\eta} = \frac{24,13 \cdot 1503,5}{1000 \cdot 0,92} = 41,0 \text{ кВт.}$$

При скорости подачи $V_s = 3,6$ м/мин $P = 16,0$ кВт.

17. Средние силы резания:

$$\text{– касательная } F_x = \frac{1000 P \eta}{V} = \frac{1000 \cdot 41,0 \cdot 0,92}{55} = 686 \text{ Н;}$$

$$\text{– радиальная } F_z = (0,2 \dots 2,7) F_x = 686 \text{ Н.}$$

Библиографический список

1. Гороховский К.Ф., Лифшиц Н.В. Основы технологических расчетов оборудова- ния лесосечных и лесоскладских работ: учеб. пособие. М.: Лесн. пром-сть, 1987. 256 с.
2. Шелгунов Ю.В., Кутуков Г.М., Ильин Г.П. Машины и оборудование лесозаго- товок, лесосплава и лесного хозяйства: учебник для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 520 с.
3. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. Минск: Высшейш. школа, 1975. 304 с.
4. Глебов, И.Т. Резание древесины: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2010. 256 с.

И.Т. Глебов, А.И. Шевченко
 УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
 GIT5@yandex.ru

ЗАТУПЛЕНИЕ ЗУБЬЕВ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА (THE BLUNTING OF THE WOOD-CUTTING TEETH TOOL)

Подобраны данные о величине затупления лезвий на одном метре пути в заготовке при резании различных древесных материалов

Selected data on the size of blunting of blades on one metre path in the workpiece cutting of various wood-based materials.

Для изготовления дереворежущего инструмента используются различные материалы: инструментальная углеродистая сталь, инструментальная легированная сталь, быстрорежущая сталь, твердые сплавы литые (сормайт и стеллиты), вольфрамкобальтовые (BK15), минералокерамические ВOK60, синтетические сверхтвердые материалы на основе нитрида бора или поликристаллического алмаза. Режущие кромки лезвий режущего инструмента, выполненного из любого материала, затупляются с различной степенью интенсивности при резании древесины различных пород и древесных материалов. При этом в технической литературе нет полной информации, позволяющей рассчитать степень затупления лезвий.

Степень затупления лезвий оценивается величиной радиуса закругления режущей кромки зуба ρ , измеряемого в мкм. При этом на участке диаграммы монотонного износа лезвия, когда шероховатость рабочего участка лезвия близка к равновесной шероховатости, обеспечивающей минимальный коэффициент трения, радиус закругления режущей кромки находят так:

$$\rho = \rho_0 + \gamma_{\Delta}L, \tag{1}$$

где ρ_0 – величина радиуса закругления острого, восстановленного лезвия в начале монотонного износа, мкм; обычно для стального инструмента принимают $\rho_0 = 10$ мкм для пил и $\rho_0 = 8$ мкм для фрез;

γ_{Δ} – величина затупления режущей кромки зуба на 1 м пути в заготовке, мкм/м;

L – путь лезвия в заготовке (равен сумме длин траекторий в заготовке), м.

Найденная в технической литературе информация по степени затупления лезвий режущих инструментов и обработанная нами с целью приведения к единообразной форме, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Изменение радиуса закругления режущих кромок
 от пути лезвий в обрабатываемой заготовке L , м

| Вид резания | Материал режущего инструмента | Значение $\rho = \rho_0 + \gamma_{\Delta}L$, мкм | Примечание |
|------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Пиление рамными пилами | 9ХФ | $\rho = 10 + 0,002L$ | А.Л. Бершадский, древесина сосны [1] |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|-------------------------|--|---|
| Пиление ленточными пилами | У10А | $\rho = 10 + 0,002L$ | |
| | 9ХФ | $\rho = 10 + 0,001L$ | |
| | Стеллит ВЗКР | $\rho = 10 + 0,000143L$ | |
| Пиление круглыми пилами продольное | 9ХФ | $\rho = 10 + 0,001L$ | А.Л. Бершадский [1] |
| | Сталь быстро-режущая | $\rho = 10 + 0,0005L$ | |
| | Стеллит ВЗКР | $\rho = 10 + 0,000143L$ | |
| | Твердые сплавы ВК15 | $\rho = 7,91 + 0,0004L$ | А.И. Шевченко, УГЛТУ; древесина сосны $W = 75...80\%$. $S_z = 0,2$ мм. $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 18^\circ$. |
| | ВК8 | $\rho = 8,86 + 0,0003L$ | |
| | ВК6 | $\rho = 7,71 + 0,0003L$ | |
| | ВК4 | $\rho = 7,59 + 0,0002L$ | |
| Пиление круглыми пилами поперечное бревен диаметром до 52 см | 9ХФ | $\rho = 10 + (0,0022 - 0,0002T)L$, где T – время работы, $T = 0...4$ ч | Ю.В. Шелгунов [2], древесина сосны $W = 60\%$ |
| Фрезерование цилиндрическое | 8Х6НФТ, Х6ВФ | $\rho = 5 + 0,0008L$ | А.Л. Бершадский, древесина сосны [1] |
| | Твердые сплавы ВК15 | $\rho = 10 + 0,00008L$ | Древесина сосны |
| | Твердые сплавы ВК15 | $\rho = 10 + 0,00035L$ | С.А. Гриневиц [3], обработка кромок фанеры хвостовой фрезой |
| | Сталь DS, аналог 9Х8НФТ | $\rho = 7 + 0,0004L$ при $t=2,9$ мм | А.Р. Абдулов, древесина сосны, $W=6...12\%$ [4] |
| $\rho = 7 + 0,0007L$ при $t=1,1$ мм | | | |
| <p>Примечания: 1. Данные А.И. Шевченко по твердосплавному инструменту получены при продольном пилении со скоростью главного движения $V = 51,5$ м/с; подача на один зуб $S_z = 0,2$ мм; угловые параметры зуба $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 18^\circ$; влажность древесины сосны $W = 75...80\%$.</p> <p>2. Данные А.Р. Абдулова получены при фрезеровании древесины сухой сосны на четырехстороннем продольнофрезерном станке со скоростью подачи $V_s = 14$ м/мин, подачей на зуб $S_z = 0,58$ мм, скорости главного движения $41,68$ м/с.</p> | | | |

Некоторые исследователи характеризуют степень затупления лезвий коэффициентом затупления α_ρ , величину которого приводят в зависимости от времени работы резца T (табл. 2) [2].

Таблица 2

Зависимость коэффициента затупления зубьев пилы для поперечной распиловки бревен от продолжительности ее работы

| | | | | | | | | | |
|---------------|---|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|
| $T, \text{ч}$ | 0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 |
| α_ρ | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,55 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,95 | 2,0 |

Для приведения величины затупления лезвия к виду (1) поступим так. Используем формулу коэффициента затупления

$$\alpha_\rho = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p}) \frac{\Delta_\rho}{\rho_o + 50}, \quad (2)$$

где k – касательное давление срезаемого слоя на переднюю грань зуба, МПа;

p – фиктивная сила резания, Н/мм;

Δ_ρ – величина затупления лезвия к заданному моменту времени, мкм;

ρ_o – начальный радиус закругления острого лезвия, мкм.

При поперечном пилении бревен диаметром 52 см круглой пилой диаметром 1500 мм при ширине пропила $b = 12$ мм, подаче на зуб $S_z = 0,3$ мм и частоте вращения пилы 700 мин^{-1} , $p = 1$ Н/мм получим

$$k = K - \frac{p}{S_z} = \frac{12,18}{S_z^{0,3137}} - \frac{1}{S_z} = \frac{12,18}{0,3^{0,3137}} - \frac{1}{0,3} = 14,436 \text{ МПа.}$$

Из формулы (2)

$$\Delta_\rho = \frac{(10 + 50)(\alpha_\rho - 1)}{1 + 0,1 \frac{14,436}{1}} = 24,59(\alpha_\rho - 1) \text{ мкм.}$$

Величина затупления лезвия на 1 м пути в заготовке при средней длине дуги контакта пилы с бревном $l = 261,3$ мм:

$$\gamma_\Delta = \frac{1000\Delta_\rho}{nTK_n K_u} = \frac{1000 \cdot 24,59}{700 \cdot 261,3 \cdot T \cdot 0,55 \cdot 0,8} \text{ мкм/м}$$

Результаты расчетов сведены в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость величины затупления зубьев от времени работы пилы

| | | | | | | | | | |
|-----------------|---|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $T, \text{ч}$ | 0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 |
| α_ρ | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,55 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,95 | 2,0 |
| Δ_ρ | 0 | 4,91 | 9,84 | 13,53 | 17,21 | 19,67 | 22,13 | 23,36 | 24,59 |
| γ_Δ | - | 0,002 | 0,002 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0016 | 0,0015 | 0,0013 | 0,0012 |

Взаимосвязь величины затупления зуба пилы Δ_ρ и времени ее работы T может быть описана уравнением:

$$\gamma_\Delta = 0,0022 - 0,0002T.$$

Тогда по формуле (1) получим

$$\rho = 10 + (0,0022 - 0,0002T)L.$$

Библиографический список

1. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. Минск: Вышейш. шк., 1975. 304 с.
2. Шелгунов Ю.В., Кутуков Г.М., Ильин Г.П. Машины и оборудование лесозаготовок, лесосплава и лесного хозяйства: учебник для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1982, 520 с.
3. Гриневич С.А. Разработка режимов цилиндрического фрезерования кромок фанеры общего назначения // Автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. Минск, 2005.
4. Абдулов А.Р., Новоселов В.Г. Исследование износостойкости стальных ножей, упрочненных путем имплантации ионов азота // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды VI международного Евразийского симпозиума. Екатеринбург, 2011.

Ф.Ф. Дахиев, Ф.В. Швеи, Л.Т. Раевская
УГЛТУ. Екатеринбург, РФ
ltrvsk@yandex.ru

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ 3D - МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ РЕШЕНИИ
ПРОБЛЕМ КИНЕМАТИКИ МЕХАНИЧЕСКОГО МАНИПУЛЯТОРА
(MATHEMATICAL 3D-MODELLING OF KINEMATIC PROBLEMS
FOR MECHANICAL MANIPULATORS)**

Предложена методика и проведен кинематический анализ работы звеньев «стрела-рукоять» манипулятора.

The Method was proposed and Kinematic Analysis of the Manipulator's the Boom-the Hilt was made.

Современный этап развития лесной, горной и других отраслей промышленности РФ требует решения задачи комплексной механизации и автоматизации производства. Разнообразие машин для выполнения лесосечных операций, сортировочных, штабелечных, погрузочных операций ниже-складских работ, для подачи сырья в перерабатывающие цехи и пакетирования готовой продукции приводит к повышению затрат производства, вовлечению в эти операции излишних мощностей и ручного труда. Для создания современного гибкого технологического процесса требуется разработка унифицированных транспортно-перегрузочных устройств. Этим требованиям в наибольшей степени отвечают промышленные манипуляторы и манипуляторные машины. Манипулятор — это механизм для управления пространственным положением объектов труда. Это значение закрепилось за словом с середины XX в., благодаря применению сложных механизмов для манипулирования опасными объектами в атомной промышленности. Основу манипуляторов составляют пространственные механизмы со многими степенями свободы.

Общей особенностью манипуляторов является низкая металлоемкость, простота обслуживания и наличие широкого набора сменных рабочих органов, что позволяет

использовать их практически на любых операциях технологического процесса лесной промышленности.

Машины манипуляторного типа имеют манипуляторные механизмы с открытой кинематической цепью и несколькими степенями подвижности. И.И. Артоболевский [1] справедливо указывал «в первую очередь должны быть развиты работы по структурному кинематическому и динамическому анализу и синтезу различных схем манипуляторов». Элементы манипулятора соединены друг с другом посредством кинематических пар. Как правило, это одноподвижные кинематические пары пятого класса — вращательные либо поступательные. Если кинематическая цепь не содержит внутренних замкнутых контуров, то число кинематических пар n определяет число степеней подвижности манипулятора. Простейшие манипуляторы имеют две-три степени подвижности. Универсальные, а также некоторые специальные манипуляторы могут иметь шесть - восемь степеней подвижности. Открытые кинематические цепи приводят к уменьшению жесткости всей конструкции и появлению колебаний механизма при поднятии груза. Вопросами уменьшения вынужденных колебаний занимались исследователи [2] еще в конце прошлого столетия. Колебания приводят к появлению дополнительных динамических нагрузок на звенья манипуляторов. Инерционные и упругие характеристики при колебаниях механизмов меняют свою величину. Эта изменчивость влияет на исследование динамики манипуляторов. Существуют несколько методов расчетов в динамике. При решении с помощью уравнений кинетостатики необходимо учитывать моменты сил инерции, которые зависят от моментов инерции звеньев и угловых ускорений. Вычисление угловых ускорений и стало целью настоящей работы в рамках решения второй задачи кинематики.

Для постановки и решения задач кинематики обычно составляют расчетную кинематическую модель манипулятора (рисунок), в основу которой должны быть положены предполагаемые или имеющиеся геометрические размеры звеньев, а также типы, количество и распределение кинематических пар. Ранее кинематические характеристики уже были исследованы авторами в случае движения звеньев в плоскости, т.е. при отсутствии вращения стойки (колонны) [3]. В настоящей работе проведен расчет кинематических характеристик в пространственном случае, что точнее соответствует пространственному механизму.

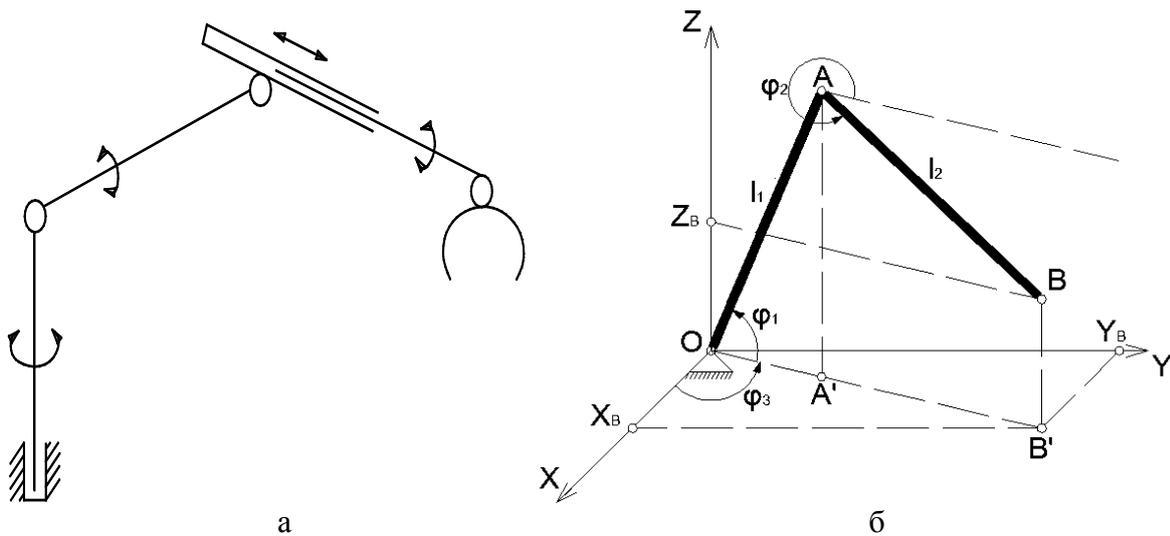


Рис. 1. Компоновочно - кинематическая схема манипулятора:
а- комбинированная конструкция манипулятора, б – расчетная схема

Звенья кинематической цепи манипулятора соединены кинематическими парами так, что одно из них крепится к основанию (подвижному или неподвижному), а еще одно несет на себе рабочий орган — захват либо инструмент. Положение кинематической цепи в пространстве будем определять с помощью обобщенных координат φ_i , характеризующих перемещения звеньев. Для определения положения рабочего органа в пространстве введем координаты точки захвата, определяемые векторным равенством. В настоящей работе поставлена задача определения угловых характеристик звеньев манипулятора в зависимости от времени для пространственного движения через уравнения движения точки В (см. рисунок). Переход от технического объекта к расчетной схеме изображен на рисунке б, где не показаны гидроцилиндры, стойка и другие, незначительные для исследования кинематики звенья. Если рассчитывают положение рабочего органа, например, захвата, то определяют соответственно, либо координаты рабочего органа, либо конечное число наборов его координат, либо законы изменения координат захвата во времени. В общем случае, в результате расчета координат рабочего органа как функций времени можно определить уравнение его траектории в параметрической (в зависимости от времени) или явной форме.

Составим уравнение векторного контура OAB (рис. 1).

$$\vec{l}_1 + \vec{l}_2 - \vec{r}_B = 0, \quad (1)$$

где l_1 — длина стрелы, l_2 — начальная длина рукоятки, \vec{r}_B — радиус-вектор точки подвеса груза. Положение звеньев в пространстве задается угловыми координатами $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$. Угловые координаты откладываются от оси X и линии OB' в направлении против хода часовой стрелки. Координаты точки B — X_B, Y_B, Z_B (рис. 1) — являются основными координатами, так как через эти координаты можно определить главные геометрические параметры рабочего процесса перемещения точки B . На расчетной схеме т. O — точка крепления стрелы к стойке (или колонне) — выбрана за начало отсчета. Дифференцируя проекции уравнения (1) на координатные оси по времени t (при условии $l_1 = \text{const}$), получим дифференциальные уравнения, из которых можно вычислить функции скоростей механизма:

$$(-l_1 \sin \varphi_1 \varphi_1' + l_2' \cos \varphi_2 - l_2 \sin \varphi_2 \varphi_2') \cos \varphi_3 - (l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2) \sin \varphi_3 \varphi_3' - X_B' = 0; \quad (2)$$

$$(-l_1 \sin \varphi_1 \varphi_1' + l_2' \cos \varphi_2 - l_2 \sin \varphi_2 \varphi_2') \sin \varphi_3 + (l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2) \cos \varphi_3 \varphi_3' - Y_B' = 0; \quad (3)$$

$$l_1 \cos \varphi_1 \varphi_1' + l_2' \sin \varphi_2 + l_2 \cos \varphi_2 \varphi_2' - Z_B' = 0. \quad (4)$$

В систему уравнений (3)-(5) входят 7 неизвестных параметров — функции скоростей механизма — $\varphi_1', l_2', \varphi_2', \varphi_3', X_B', Y_B', Z_B'$. Для того, чтобы система была замкнута, необходимо составить еще четыре уравнения. Недостающие уравнения составляют для каждого конкретного случая либо задавая зависимости от времени для скоростей точки B и выдвигания рукоятки, либо для углов поворота и скорости изменения длины рукоятки.

Для расчета угловых скоростей составляются уравнения (2)-(4) в виде, удобном для решения по правилу Крамера:

$$\begin{aligned} a_{11} \varphi_1' + a_{12} \varphi_2' + a_{13} \varphi_3' &= b_1 \\ a_{21} \varphi_1' + a_{22} \varphi_2' + a_{23} \varphi_3' &= b_2 \\ a_{31} \varphi_1' + a_{32} \varphi_2' + a_{33} \varphi_3' &= b_3 \end{aligned} \quad (5)$$

Из системы (5) по известным формулам через соответствующие определители получаем соотношения для угловых скоростей

$$\varphi'_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad \varphi'_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}, \quad \varphi'_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta}. \quad (6)$$

Дифференцируя соотношения (6) по времени получаем выражения для угловых ускорений соответствующих звеньев манипулятора. Однако определение угловых ускорений таким образом оказалось слишком громоздким. Проще обратиться снова к уравнениям (2)-(4). После дифференцирования этих уравнений по времени и решения системы уравнений для ускорений точки В относительно координатных осей находим для угловых ускорений следующие соотношения (при последнем расчете скорость выдвижения рукояти считалась постоянной).

$$\varepsilon_1 = -(\cos\varphi_2 \cos\varphi_3 a_x + \cos\varphi_2 \sin\varphi_3 a_y + \sin\varphi_2 a_z + l_1 \sin\varphi_1 \omega_1^2 \sin\varphi_2 + \omega_3^2 l_2 \cos^2\varphi_2 + l_2 \omega_2^2 + \cos\varphi_2 l_1 \cos\varphi_1 \omega_1^2 + \cos\varphi_2 \omega_3^2 l_1 \cos\varphi_1) / ((\sin\varphi_1 \cos\varphi_2 - \sin\varphi_2 \cos\varphi_1) l_1), \quad (7)$$

$$\varepsilon_2 = (\cos\varphi_1 \cos\varphi_3 a_x + \sin\varphi_3 \cos\varphi_1 a_y + \sin\varphi_1 a_z + \omega_3^2 l_1 \cos^2\varphi_1 + \omega_2^2 l_2 \cos\varphi_2 \cos\varphi_1 + \omega_3^2 l_2 \cos\varphi_2 \cos\varphi_1 + \omega_2^2 l_2 \sin\varphi_2 \sin\varphi_1 + \omega_1^2 l_1) / ((\sin\varphi_1 \cos\varphi_2 - \sin\varphi_2 \cos\varphi_1) l_2), \quad (8)$$

$$\varepsilon_3 = (2\omega_3 \omega_2 l_2 \sin\varphi_2 + 2\omega_3 \omega_1 l_1 \sin\varphi_1 - a_x \sin\varphi_3 + a_y \cos\varphi_3) / (l_1 \cos\varphi_1 + l_2 \cos\varphi_2), \quad (9)$$

где введены обозначения: $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – угловые скорости и угловые ускорения соответствующих звеньев, a_x, a_y, a_z – проекции ускорения точки В на координатные оси. Предложена методика и проведен кинематический анализ работы звеньев «стреларукоять» манипулятора. Установлено, что наибольшие ускорения в звеньях возникают при угловых перемещениях стрелы и рукояти в пространстве и незначительные при линейных их перемещениях.

Библиографический список

1. Артоболевский И.И. Некоторые проблемы механики и управления машинами // Современные проблемы теоретической и прикладной механики. Тр. 4-го Всесоюзного съезда по теории и применению механизмов. Киев. 1978. С. 90-103.
2. Буляткин В.П. Элементы теории структуры и некоторые силовые характеристики манипуляторов // Динамика и алгоритмы управления роботом-манипулятором. Иркутск, 1982, с. 39-47.
3. Добрачев А.А., Раевская Л.Т., Шведа А.В. Исследование кинематики работы звеньев манипулятора в обобщенном виде // Лесной вестник, 2008. № 3(60). С. 118-122.

А.В. Казакова, Д.В. Корелин, В.Г. Новоселов
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
kozerog54@yandex.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ
НА ОСНОВЕ ППУ**
(RESEARCH AND SELECTION OF GRINDING WHEELS,
BASED ON POLYURETHANE)

Цель этого исследования состояла в том, чтобы определить наилучший вариант для диапазона четырех переменных: потребление мощности, расход круга, засаливаемость и стоимость.

Objective of this study was to determine the best option for the range of four variables: capacity consumption, circle expense, blunting and cost.

На кафедре МОД УГЛТУ совместно с ЗАО УЦРНТ «Шлифполимер» (г. Кыштым) были разработаны и получены опытные образцы шлифовальных кругов на ППУ основе, а совместно с кафедрой станков и инструментов был разработан станок модели ШлПр для шлифования погонажных изделий с использованием шлифовальных кругов.

На данном станке проводились исследования опытных образцов шлифовальных кругов на ППУ основе, отличающихся характеристиками: твердость, зернистость, содержание абразива*. В частности, изучались следующие параметры: стойкость кругов, их расход, качество шлифуемой поверхности. Определение сил резания: главной составляющей силы резания F_x и радиальной составляющей F_y проводилось на лабораторной установке НГФ-110Ш4. Исследования проводились с целью выявления оптимальной рецептуры компонентов ППУ и абразива.

Задачей исследования было определение наилучшего варианта круга по четырем переменным параметрам: засаливаемости, удельному расходу круга на 6 м погонажа, мощности резания для срезаемого слоя высотой 0,025мм и стоимости.

Для проведения экспериментов были отобраны строганные сосновые заготовки наиболее распространенной породы древесины в производстве мебели. На станок устанавливались шлифовальные круги и попеременно подавались заготовки длиной 1 м. При этом замерялся диаметр шлифовального круга до шлифования и после, разница показывала расход инструмента на 6 м шлифуемой древесины. После каждого метра шлифованной древесины фиксировалась закаливаемость круга, и определялась стойкость инструмента. После шлифования с помощью прибора ТСП-4 определялась шероховатость поверхности. Для определения мощности резания измерялись силы резания, для чего на главном валу лабораторной установки кафедры станков и инструментов НГФ-110Ш4 зажимался шлифовальный круг, а на стакане с тензорезисторами закреплялась заготовка. Для процесса шлифования устанавливались следующие параметры резания: скорость подачи заготовки 1м/мин, частота вращения шлифовального круга 800 мин⁻¹. Шлифование проводили с изменением высоты шлифуемого слоя от 0 до 0,075 мм. При данной высоте снимаемого слоя не наблюдалось засаливание инструмента.

* Ветошкин Ю.И. Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: Труды VI Международного евразийского симпозиума / Ю.И. Ветошкин, Д.В. Корелин, А.В. Казакова, В.Е. Михайлов; под научной ред. М.В. Газеева. Екатеринбург, 2011. 389 с.

Данные с тензодатчиков передавались на ПК и сигнал обрабатывался в специализированной программой LabVIEW. Далее данные импортировались в пакет Matlab, где проводилась предварительная обработка. Окончательная обработка, сравнение и построение графиков проводили в пакете Microsoft Excel. В табл. 1 приведены значения параметров, полученные в результате эксперимента.

Таблица 1
Значения параметров, полученные в результате эксперимента

| Параметр | Номер круга | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Экспертная оценка засаливаемости, t* | 3 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| Расход круга, D, мм | 0,83 | 0,1 | 0,67 | 0,2 | 0,13 | 0,1 | 0,27 |
| Мощность на резание, P, Вт | 0,267427 | 0,240944 | 0,183171 | 0,068131 | 0,642322 | 0,071402 | 0,735893 |
| Стоимость круга, C, руб. | 533 | 533 | 533 | 533 | 533 | 533 | 533 |

* Наилучшему качеству соответствует показатель 1

Для определения наилучшего из испытываемых образцов шлифовальных кругов была применена процедура дискретной оптимизации на пространстве исследуемых параметров. В качестве целевой функции принята сумма взвешенных рангов этих параметров

$$F_j(t, \Delta D, P, C) = \sum_i (\alpha_i * R_{ji}) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где R_{ji} – ранг i -го параметра j -го образца шлифовального круга;
 α_i – вес i -го параметра.

Значения рангов i -го параметра j -го образца шлифовального круга из условия минимизации целевой функции вычислялись по формулам

$$R_{ji} = \min(X_{ji}) / X_{ji}, \quad (2)$$

где X_{ji} абсолютное значение i -того параметра j -того образца шлифовального круга.

Ранжированные параметры приведены в таблице 2, здесь же приведены весовые коэффициенты параметров, полученные экспертным путем.

Таблица 2
Значения весовых коэффициентов, полученных экспериментально

| Параметр | Номер круга | | | | | | | Весовой коэффициент |
|-------------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| Экспертная оценка засаливаемости, t | 0,33 | 0,25 | 1 | 0,33 | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 |
| Расход круга, D, мм | 0,12 | 1 | 0,15 | 0,5 | 0,76 | 1 | 0,37 | 0,2 |
| Мощность на резание, P, Вт | 0,255 | 0,283 | 0,372 | 1,000 | 0,106 | 0,954 | 0,093 | 0,1 |
| Стоимость круга, C, руб. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,2 |

В табл. 3 приведены ранжированные значения параметров с учетом их весовых коэффициентов и значения целевой функции.

Таблица 3

Ранжированные значения параметров

| Параметр | Номер круга | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Экспертная оценка засаливаемости, t | 0,165 | 0,125 | 0,5 | 0,165 | 0,5 | 0,25 | 0,5 |
| Расход круга, $D, \text{мм}$ | 0,024 | 0,2 | 0,03 | 0,1 | 0,152 | 0,2 | 0,074 |
| Мощность на резание, $P, \text{Вт}$ | 0,025 | 0,028 | 0,037 | 0,100 | 0,010 | 0,095 | 0,009 |
| Стоимость круга, $C, \text{руб.}$ | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| $F_j(t, \Delta D, P, C)$ | 0,414477 | 0,553277 | 0,767195 | 0,565 | 0,862607 | 0,745419 | 0,783258 |

На рис. 1 приведена объемная диаграмма ранжированных взвешенных параметров исследованных шлифовальных кругов.

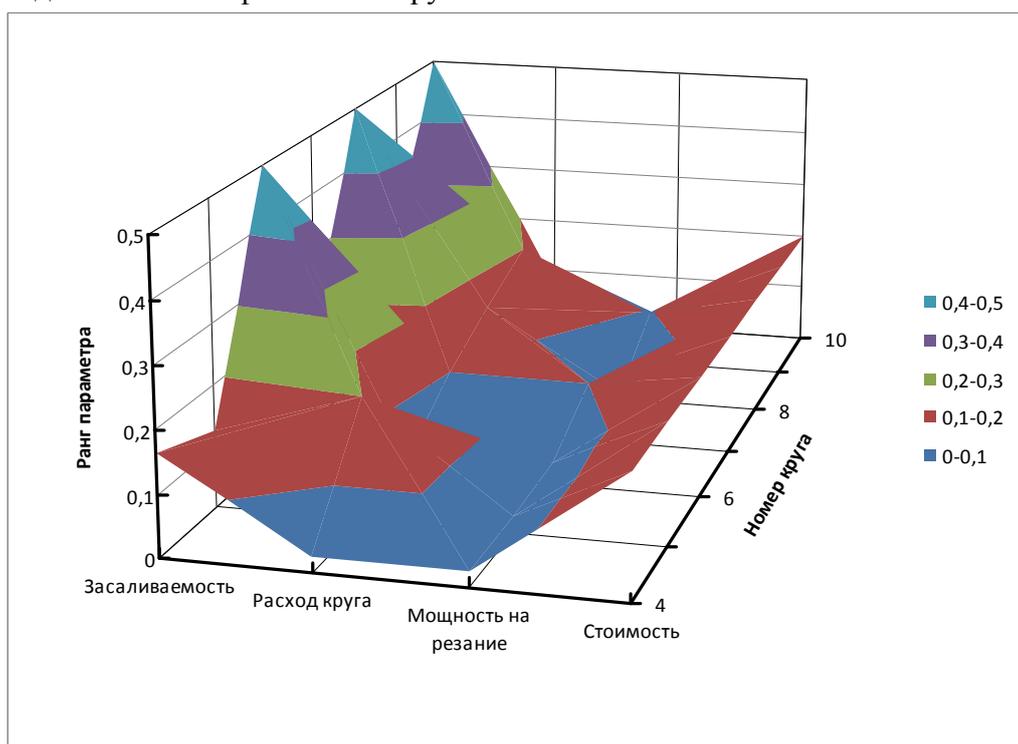


Рис.1. Объемная диаграмма ранжированных параметров шлифовальных кругов

Как следует из диаграммы, непосредственно по взвешенным ранжированным параметрам определить наилучший по своим свойствам шлифовальный круг невозможно.

На рис. 2 приведён график изменения целевой функции, представляющей сумму взвешенных рангов параметров исследованных шлифовальных кругов.



Рис. 2. График изменения целевой функции

Максимальное значение целевая функция приобретает у образца шлифовального круга № 8, обладающего в соответствии с принятыми критериями и их весовыми коэффициентами наилучшим сочетанием исследованных параметров.

В.М. Кириченко, Л.А. Шабалин
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ

ДЕФОРМАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПИЛЬНОЙ РАМКИ ТАРНОЙ ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЫ (DEFORMATIONS OF ELEMENTS OF THE FRAME OF THE TARE SAWING FRAME BY PILNA)

Полученные результаты позволили обоснованно наметить пути снижения напряжений в боковинах поперечин как за счет повышения жесткости концевых сечений, так и изменения конструкции верхних захватов и изменения конфигурации сечений боковин.

The obtained results of the studies allowed reasonably identify ways to significantly reduce the stress in the lateral cross members as a result of their increasing rigidity of the terminal sections, and changing the design of the upper hooks and configuration sections of sidewalls.

При эксплуатации лесопильных рам у стоек верхней и нижней поперечин пильной рамки (ПР) наблюдаются остаточные деформации, приводящие к заклиниванию ползунов в направляющих. Поэтому, перед выпуском новой конструкции двухшатунной тарной лесопильной рамы (ЛР) перспективной модели РТ-40 – с движением пил по замкнутой (каплевидной) траектории были проведены проектировщиками, заводом-изготовителем и нами комплексные исследования напряженно-деформированного состояния и динамической нагруженности многих элементов этой ЛР, в том числе и элементов ПР.

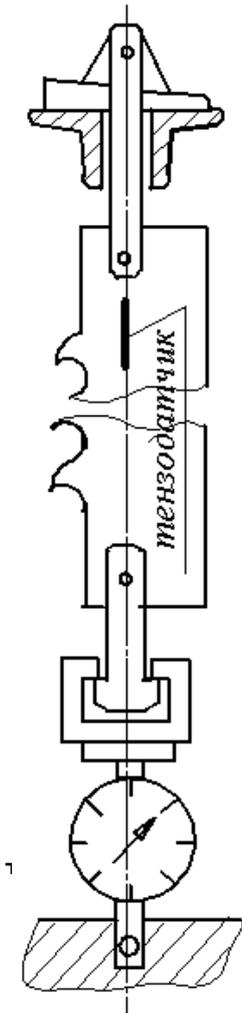


Рис. 1. Схема тарировки тензодатчиков

Исследования были проведены в Уральском лесном технопарке Уральского государственного лесотехнического университета.

В статье рассматриваются деформация ПР, возникающие только от статических сил – натяжения пил, максимальное количество которых 18, а рекомендуемое усилие их натяжения 12кН. Натяжение пил осуществляется клином, размещенным в верхнем захвате и опирающимся на боковины сжатого пояса верхней поперечины.

Деформации измерялись 17 индикаторами часового типа с точностью до 0,01 мм. Усилие натяжения пил контролировалось тензодатчиками, наклеенными у верхних захватов с двух противоположных сторон пилы по линии натяжения. Тензодатчики тарировались по нагрузкам в специальном устройстве, состоящем из двух трубчатых стоек и траверс, между которыми помещалась пила, к нижнему захвату которой крепился динамометр растяжения (рис. 1).

Параллельно с деформациями в различных сечениях на поверхности элементов ПР замерялись и напряжения после натяжения 2, 4, 6, 8, ..., 18 пил.

На рис. 2 приведены картины деформаций элементов ПР после натяжения 18 пил с рекомендуемым усилием. Как видно, поперечины прогибаются между стойками, а стойки испытывают сжатие с изгибом.

Наибольшие прогибы имеют место у верхней поперечины – по середине пролета ($\delta_B = 0,17$ мм) и на концах цапф ($\delta_C = 0,17$ мм); у нижней поперечины – по середине пролета ($\delta_H = 0,42$ мм); у стоек – по середине их длины ($\delta_C = 0,11$ мм), суммарное сжатие стоек в месте с контактными деформациями составляют $\delta_{CC} = 0,43$ мм. Максимальное сближение поперечин по оси ПР не превышает:

$$\delta_{\Sigma} = \delta_B + \delta_H + \delta_{CC} = 0,17 + 0,42 + 0,43 = 1,02 \text{ мм.} \quad (1)$$

Исследованиями обнаружена и ранее неизвестная от натяжения пил деформация боковин поперечин в плоскости их наименьшей жесткости. Эти деформации значительны и по оси ПР составляют: у боковин верхней поперечины в сжатом поясе $\delta_{CB} = 0,26$ мм (сечение А-А) и у боковин нижней поперечины в растянутом поясе $\delta_{PH} = 0,135$ мм (сечение Б-Б). То есть, боковины поперечин между стойками испытывают изгиб в двух плоскостях – **косой изгиб**. В результате напряжения по ширине полок боковин в растянутых и сжатых поясах распределяются крайне неравномерно, а общая напряженность этих сечений возрастает существенно.

Обнаруженные деформации боковин поперечин в плоскости их наименьшей жесткости вызваны конструктивными особенностями захватов пил. У верхних захватов пил усилие забивки клина F_K раскладываются на две силы F_1 и F_2 (рис. 3, а). Первая сила F_1 идет на преодоление сил трения между клином и опорными поверхностями боковин, которая при натяжении пилы усилием F_H равна:

$$F_1 = F_H \operatorname{tg} \rho = F_H f_T, \quad (2)$$

где ρ – угол трения;

f_T – коэффициент трения скольжения.

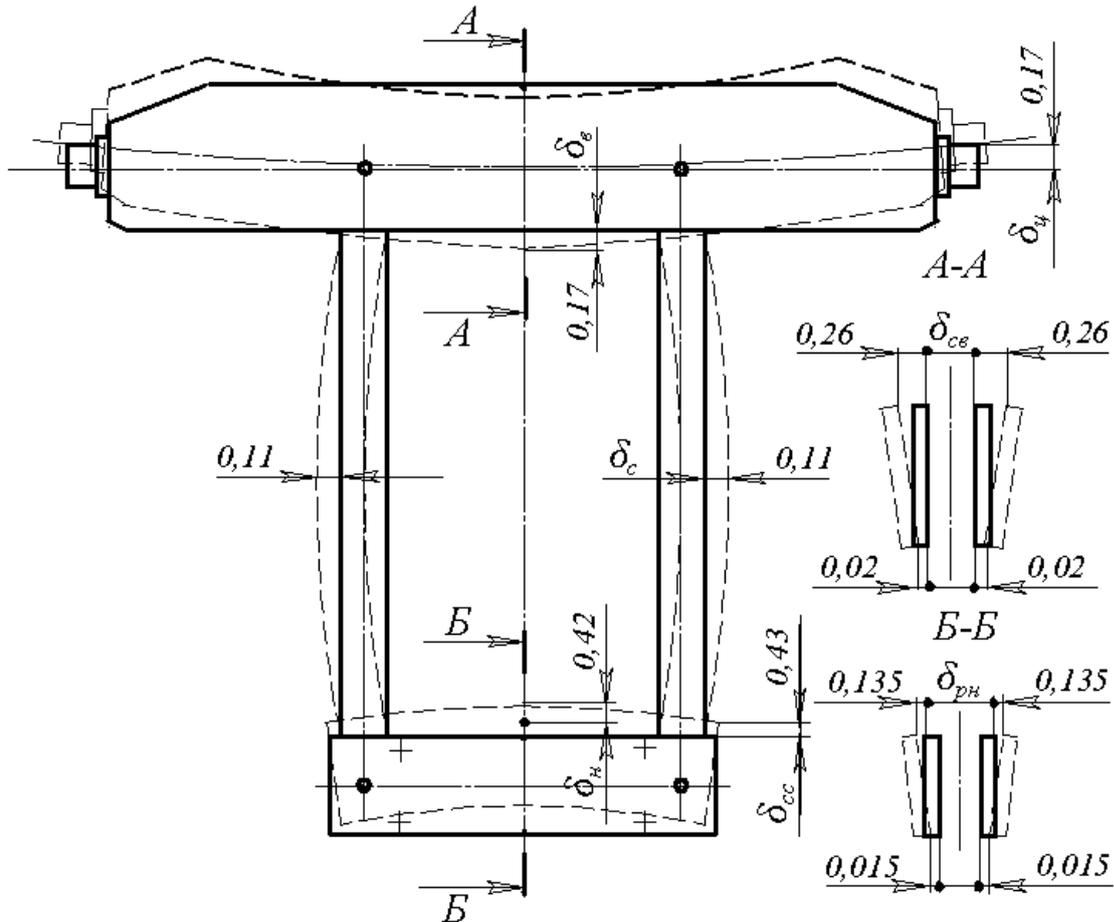


Рис. 2. Эпюры деформаций элементов ПР

Вторая сила F_2 идет на преодоление силы трения между клином и опорной вставкой, является её горизонтальной составляющей и она с учетом уклона клина может быть определена по формуле:

$$F_2 = F_{нт} g (\varphi + \rho), \quad (3)$$

где φ – угол подъема клина.

Усилие F_1 деформирует (прогибает) обе боковины (переднюю и заднюю) на одинаковую величину и после прекращения забивки клина боковины возвращаются в свое исходное положение.

Усилие F_2 сдвигает верхний захват к задней боковине и вызывает **только** её деформацию (прогиб) в плоскости наименьшей жесткости. После забивки клина, за счет упругих свойств материала, обе боковины деформируются, занимая положение, показанное на рис. 2 (сечение A-A).

У нижних захватов (рис. 3, б) контактные напряжения на опорном поясе нижних боковин распределяются неравномерно, в результате результирующие реакции от них проходят не через центры тяжести сечений, вызывая их деформацию в плоскости наименьшей жесткости (см. рис. 2, сечение B-B).

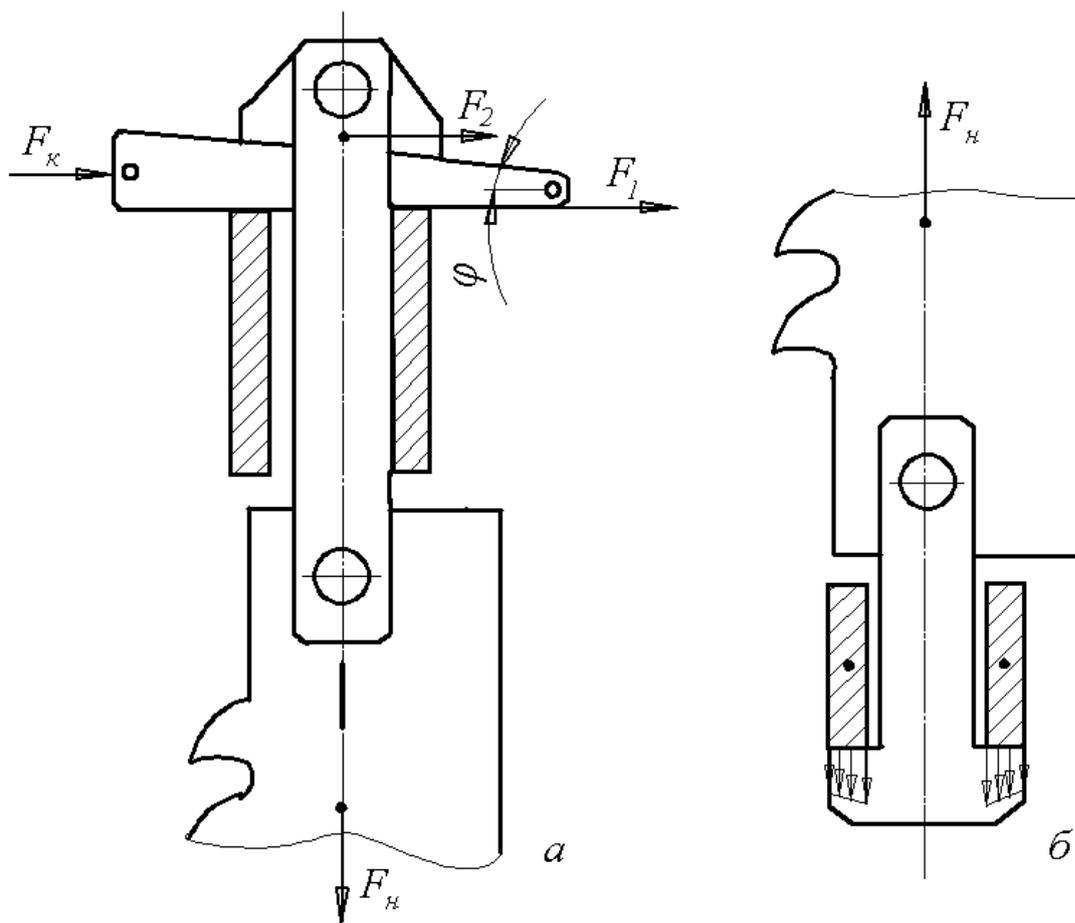


Рис. 3. Схемы нагружения захватов боковин поперечин

Выводы:

- при **максимальном количестве пил в поставе (18) и контролируемом их натяжении** до 12 кН деформации элементов ПР **незначительны**, а максимальные напряжения в опасных сечениях в 2-4 раза меньше предела текучести материалов;
- из-за нерациональной конструкции верхних и нижних захватов пил боковины верхней и нижней поперечин дополнительно деформируются и в плоскости их наименьшей жесткости, что приводит к существенному возрастанию напряжений изгиба в их опасных сечениях и снижению несущей способности;
- определена суммарная наибольшая деформация поперечин и стоек, которая позволяет объективно назначить размеры клина верхних захватов пил;
- полученные результаты позволили обоснованно наметить пути снижения напряжений в боковинах поперечин как за счет повышения жесткости концевых сечений, так и изменения конструкции верхних захватов и изменения конфигурации сечений боковин.

*А.С. Красиков, А.Е. Кузьминых
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
Krasikov47@e1.ru*

НАЛАДКА И НАСТРОЙКА РЕЙСМУСОВЫХ СТАНКОВ (ADJUSTING AND SETTING UP OF THICKNESSING MACHINES)

Рассмотрены вопросы наладки и размерной настройки рейсмусовых станков. Дана методика наладки станков и приведены характерные дефекты обработанной поверхности, возможные причины их образования и способы устранения.

Adjusting and setting up of thicknessing machines are considered. Setup method for thicknessing machines, characteristic of machined surface defects, possible causes and solutions are given.

Причинами погрешности механической обработки являются: геометрическая неточность станка и его износ; неточность режущего инструмента, зажимных и установочных приспособлений; недостаточная жесткость системы станок — инструмент — деталь; ошибки при настройке станка. Точная работа оборудования обеспечивается тщательной наладкой и размерной настройкой.

Под наладкой подразумевается совокупность трудовых приемов, совершаемых с целью регулирования и согласования всех сборочных единиц оборудования, установления режимов обработки, пробного пуска оборудования и контроля полученных изделий. Различают наладку станка первоначальную (по окончании монтажа нового станка или после ремонта) и текущую (в процессе эксплуатации). Станочник обычно имеет дело с текущей наладкой — переналадкой станка на обработку заготовок иной формы и размеров.

Переналадка считается выполненной в полном объеме, если станок обеспечивает требуемую точность и качество обработки при установленной скорости подачи.

Размерная настройка выполняется перед обработкой партии деталей или одной детали и обеспечивает получение деталей требуемых размеров. В процессе обработки большой партии деталей первоначальная размерная настройка в связи с износом инструмента нарушается и её восстанавливают.

Операции наладки и настройки рейсмусового станка перечислены в литературе [1, 2]. Там же даны примерные численные параметры взаимного расположения элементов станка, однако не описаны технологические приемы наладки.

Мы предлагаем текущую наладку и настройку рейсмусового станка станочником выполнять в следующем порядке.

1. Установка, выверка и закрепление ножей в корпусе ножевого вала на одной окружности резания. Используются шаблоны различных конструкций, в том числе с электронным индикатором высоты выступа ножей над поверхностью ножевого вала.

2. Проверка параллельности поверхности стола корпусу ножевого вала. Для этого на стол станка под ножевым валом укладывается небольшой брусок правильной геометрической формы. Стол медленно поднимается вверх до лёгкого соприкосновения бруска с корпусом ножевого вала. Затем брусок перемещается в левый и правый конец ножевого вала. По легкости соприкосновения бруска с валом судят о параллельности стола ножевому валу. При необходимости стол регулируют.

3. Установка переднего и заднего прижимов и верхних подающих вальцов относительно окружности резания ножевого вала. На рисунке показана схема наладки

рейсмусового станка с рекомендуемыми размерами [2]. Установку прижимов и подающих валцов выполняют с помощью того же бруска, что и при проверке параллельности стола и ножевого вала, и подкладок под него толщиной 1,0; 1,7 и 2,0 мм.

Брусок с подкладкой толщиной 2,0 мм укладывают под ножевым валом и поднимают стол до тех пор, пока верхняя рабочая грань бруска не будет слегка соприкасаться с лезвием ножа при проворачивании ножевого вала вручную. Стол фиксируют. Затем убирают подкладку 2,0 мм и кладут под брусок подкладку 1,7 мм и регулируют положение заднего прижима установочными винтами. Заменяют подкладку 1,7 мм на подкладку 1,0 мм и регулируют передний прижим и задний верхний подающий валец. И наконец, используя брусок без подкладок, регулируют по высоте передний верхний подающий валец. Все регулировки выполняют, подкладывая брусок слева и справа под регулируемый валец или прижим, добиваясь легкого касания бруска.

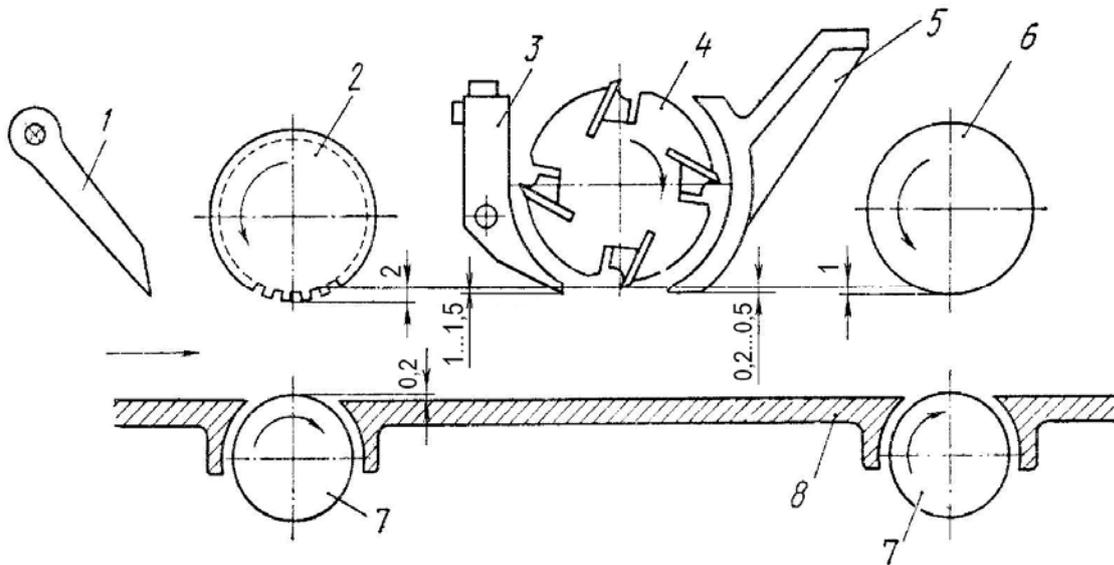


Схема наладки рейсмусового станка:

- 1 – когтевая защита; 2 – передний верхний секционный подающий валец;
3 – передний прижим; 4 – ножевой вал; 5 – задний прижим; 6 – задний
верхний подающий валец; 7 – нижние подающие вальцы; 8 – стол

Современные рейсмусовые станки часто оснащают электронными цифровыми индикаторами для контроля перемещения стола и, соответственно, задания размера готовой детали. Эти индикаторы могут быть использованы для наладки станка. Принцип наладки аналогичен описанному выше, но вместо замены подкладок под бруском опускают стол на заданную величину (см. рисунок) по цифровому индикатору и регулируют соответствующий валец или прижим установочными винтами, которые служат ограничителями высоты прижимов и валцов над столом.

Давление подающих валцов регулируют вращением гаек, сжимая или ослабляя пружины. Нельзя чрезмерно сжимать пружины, так как вальцы будут сминать древесину и от рифленого переднего вальца на поверхности обработки останутся следы. Однако давление должно быть достаточным, чтобы не было пробуксовывания валцов относительно заготовки. Давление пружин выбирают минимальное, но достаточное для надежной подачи заготовки. При обработке древесины твердых пород давление должно быть больше, мягких — меньше.

Давление прижимов должно быть достаточным, чтобы предотвратить отрыв обрабатываемой заготовки от стола вертикальной составляющей силы резания и тем самым не допустить выбоины на заготовке на входном и выходном концах.

Установка нижних вальцов выше рабочей поверхности стола выполняется при помощи поверочной линейки и набора щупов регулировочными винтами, расположенными под столом. Проверку и регулировку выполняют слева и справа по краям стола.

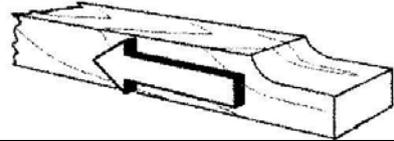
Нижние вальцы должны выступать над столом на 0,1 – 0,2 мм при обработке твердых пород древесины и 0,2 – 0,3 мм при обработке мягких пород. Большие значения принимают для тонких заготовок, меньшие значения для толстых заготовок. В процессе обработки заготовка обязательно должна касаться стола под ножевым валом.

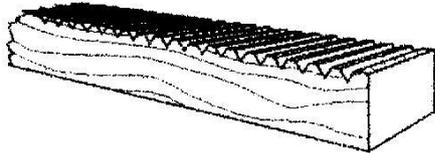
Заканчивается наладка проверкой затяжки контргаек регулировочных винтов, установкой и закреплением снятых ограждений и проверкой работы станка на холостом ходу. Выявленные неисправности устраняются, и производится пробная обработка деталей с замером их толщины. Толщину доски измеряют микрометром или штангенциркулем.

Если замеренная толщина деталей не соответствует показанию цифрового индикатора, то производится корректировка показаний цифрового индикатора. Затем вновь обрабатываются детали, чтобы убедиться в соответствии толщины доски и показаний цифрового индикатора.

Характерные дефекты обработанной поверхности и способы их устранения даны в таблице.

Выявление и устранение дефектов обрабатываемой поверхности

| Дефект | Возможная причина | Устранение дефекта |
|--|---|---|
| <p>Выбоины на входном конце</p>  | Передний прижим установлен слишком высоко | Настроить передний прижим |
| <p>Выбоины на выходном конце</p>  | Задний прижим установлен слишком высоко | Настроить задний прижим |
| <p>Толщина детали неравномерна по ширине</p>  | <p>а) Режущие кромки не параллельны столу. б) Инструмент изношен на одну сторону. в) Стол не параллелен ножевому валу</p> | <p>а) Поправить ножи в головке. б) Переточить ножи в) Отрегулировать стол</p> |
| <p>Неравномерные выбоины на обработанной поверхности по всей длине детали</p> | Заготовка вибрирует, так как оба прижима установлены слишком высоко или сила прижима недостаточна | Настроить прижимы |

| Дефект | Возможная причина | Устранение дефекта |
|---|--|---|
| <p>На верхней стороне детали видны вмятины от подающих валцов</p>  | <p>а) Заготовка имела недостаточный припуск на обработку. б) Подающие валцы настроены с избыточным усилием прижима</p> | <p>а) Использовать заготовки с достаточным припуском на обработку. б) Ослабить прижим подающих валцов</p> |

Библиографический список

1. Манжос Ф.М. Дереворежущие станки. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 456 с.
2. Худяков А.В. Деревообрабатывающие станки: учебник для проф. техн. училищ. М.: Высш. школа, 1981. 199 с.

*А.И. Кузнецов, Е.В. Шимон,
М.В. Новоселова, Т.Ю. Николаева
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
akwer@yandex.ru*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЯ
МОЩНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СТАНКА VL4060
(DEFINITION OF REAL RANGE OF VARYING
THE POWER LASER MACHINE VL4060)**

В работе рассмотрен действительный диапазон измерения мощности лазерного резания древесины на лазерном станке VL4060.

In work are considered power real diapason of laser cutting of wood on laser machine.

Лазерный станок VL4060 оборудован отпаянным излучателем непрерывного действия мощностью 65 Вт. Регулировка мощности ЛИ осуществляется программным способом в ПО «LaserCut 5.1» путем введения процентов от максимальной мощности.

Исследования режимов лазерного резания [1] показали, что зависимость глубины резания от мощности не соответствует ожиданиям, рассчитанным теоретическим способом по формуле.

$$h = \frac{2P}{\pi r_f \rho v_p (cT_H + L_H)} \quad (1)$$

где P – мощность излучения; r_f – радиус фокусировки, v_p – скорость резки, ρ – плотность вещества; c – теплоемкость; T_H – температура испарения материала; L_H – удельная энергия испарения [2].

Согласно формуле данный график ожидался близко к линейной зависимости. Зависимость (рис. 1) построена на основе усредненных значений по восьми породам древесины, в общей сложности 7200 значениям.

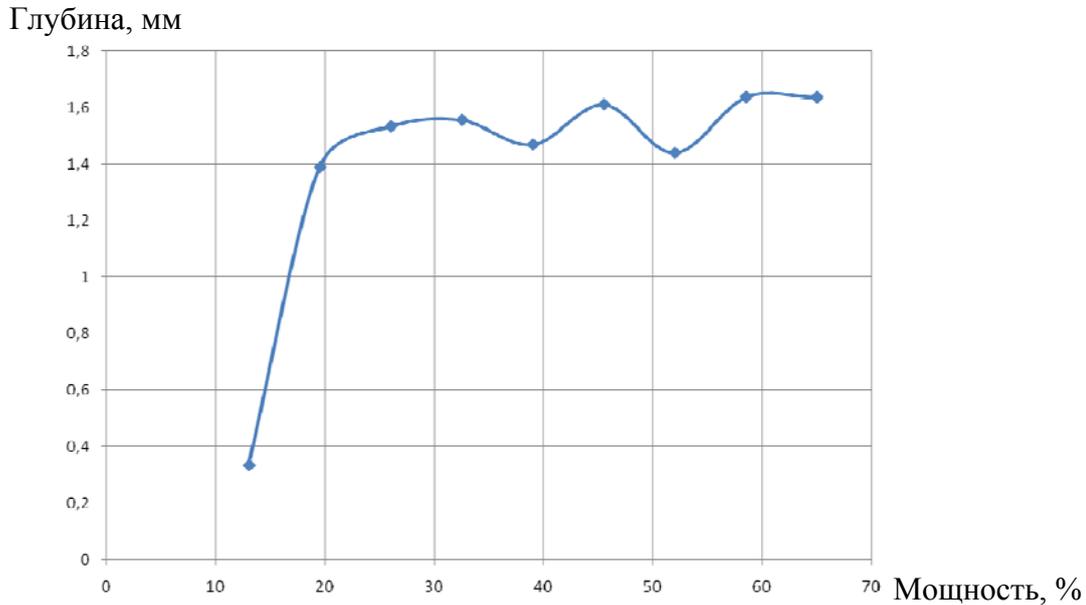


Рис. 1. Экспериментальный обобщенный по породам график зависимости глубины резания от мощности лазерного излучения станка VL4060

По графику можно сделать вывод, что мощность лазерного излучения меняется нелинейно, в зависимости от установленных значений в программе станка VL4060.

Для подтверждения результатов нелинейной зависимости глубины от мощности было проведено 750 измерений одной породы древесины – березы, при этом значения мощности и скорости в ходе эксперимента были рандомизированы, чтобы уменьшить влияние температурных изменений охлаждающей жидкости лазерного излучателя. Получили аналогичный график (рис. 2).

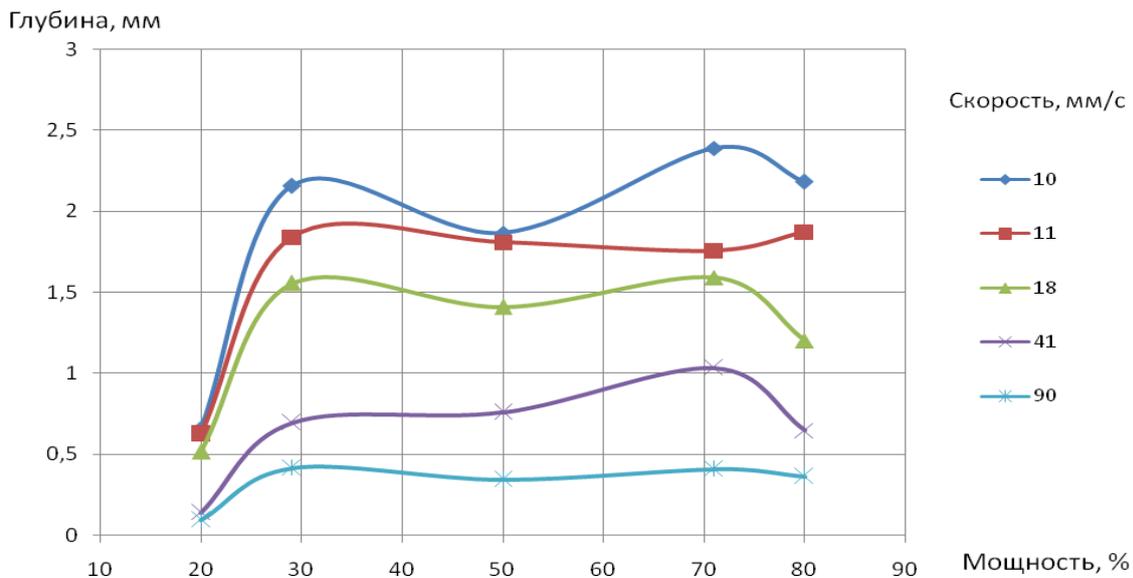


Рис. 2. Экспериментальный график зависимости глубины резания березы от мощности лазерного излучения станка VL4060

Лазерное излучение станка VL4060 нелинейно меняется от программно установленных значений. Можно сделать предположение, что при достижении определенного значения силы тока все молекулы лазерного излучателя уже находятся в активном состоянии и дальнейшее увеличение силы тока не приводит к увеличению мощности лазерного излучения. При увеличении силы тока проявляется конкуренция мод лазерного излучения, что сопровождается падением мощности [3, с. 135].

Для успешного применения режимов резания древесины необходимо использовать диапазон регулировочных значений, соответствующий действительному диапазону изменения лазерного излучения станка.

Анализируя представленные зависимости (рис. 3), можно сделать вывод, что вне зависимости от скорости резания глубина активно изменяется в диапазоне от 20 до 30%.

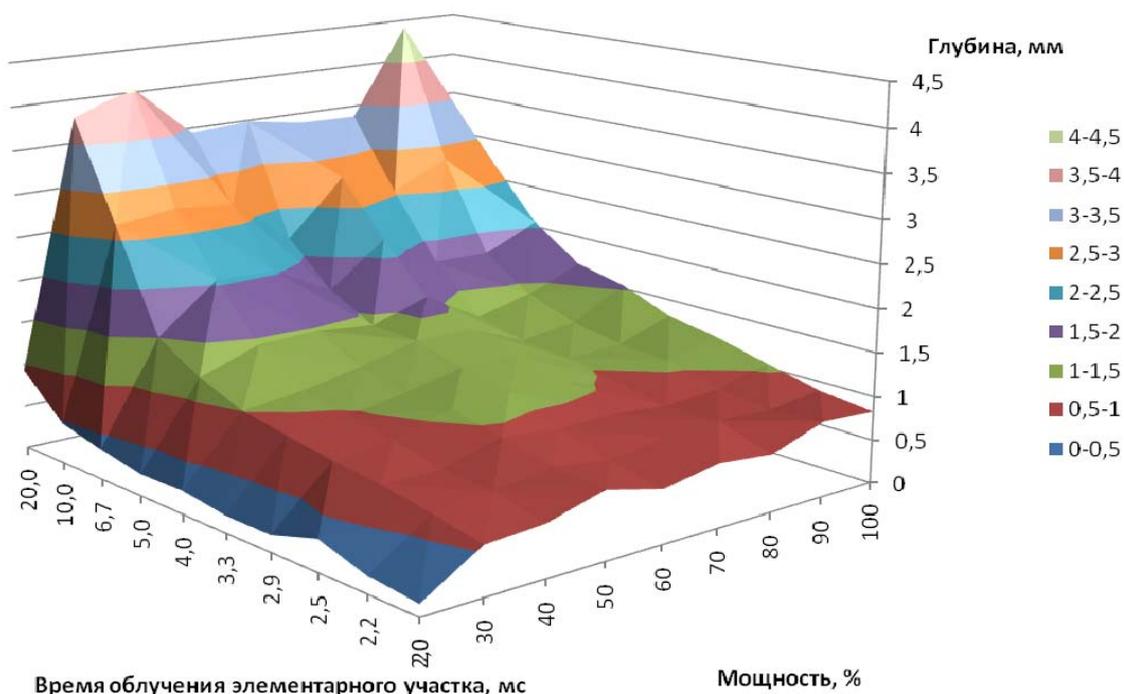


Рис. 3. Экспериментальный обобщенный по породам график зависимости глубины резания от мощности и времени облучения элементарного участка лазерного излучения станка VL4060

Был проведен эксперимент для более точного определения диапазона действительных изменений лазерного излучения станка VL4060. В качестве образца использовался пакет листов плотной бумаги. При этом за условную единицу измерения глубины резания была принята толщина листа бумаги. График по данным эксперимента представлен на рис. 4.

На основании приведенных графиков можно сделать вывод, что диапазон действительного изменения мощности ЛИ соответствует диапазону регулировочных значений от 21% до 38%.

При эксплуатации лазерных излучателей на мощности, превосходящей верхнюю границу диапазона действительного изменения мощности, происходит активная деградация смеси газов, поэтому некоторые производители излучателей снимают их с гарантийного обслуживания при эксплуатации на режимах выше 85% от максимальной мощности [4].

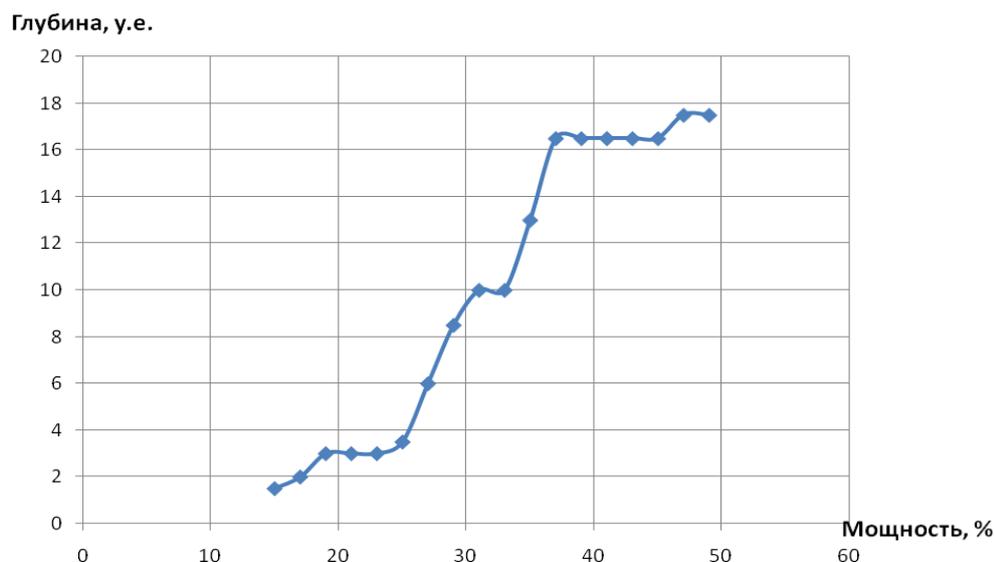


Рис. 4. График зависимости глубины резания от мощности

Работа на мощностях свыше действительного диапазона регулирования нецелесообразна, приводит к увеличенному расходу потребляемой станком электрической мощности и может привести к преждевременному выходу из строя лазерного излучателя.

Библиографический список

1. Исследование режимов лазерного резания массивной древесины // Деревообработка: оборудование, менеджмент XXI века. Труды VI международного евразийского симпозиума / Под научной ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург, 2011. С. 140 – 144, 389 с.
2. Верхотурова И.В., Петраченко Ю.А. Технология лазерной обработки. Учебно-методический комплекс по дисциплине для специальности 010701 «Физика». Благовещенск, 2007. 157 с.
3. Витиeman В. CO₂-лазер. Пер. с англ. М: Мир 1990. 360 с.
4. Beijing Reci Laser - the largest manufacturer of high-tech CO₂ laser tube in the world [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.recilaser.com/2010/en_product/w6_en.html

*А.М. Кузнецов, И.Н. Спицын
СибГТУ, Красноярск, РФ
stanki@sibstu.kts.ru*

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ВЫБОР ВИДА
И РЕЖИМА ВАЛЬЦЕВАНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ
(INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON A CHOICE
OF A KIND AND CONDITION OF ROLLING OF BAND SAWS)**

В работе описаны особенности кинематики механизма резания ленточнопильных станков. Приведены зависимости для расчета наклона шкивов. Рассмотрены условия выбора способа и степени вальцевания.

In work features of kinematics of the mechanism of cutting of band mills are described. Dependences for account of an inclination of pulleys are resulted. Conditions of a choice of a method and rolling degree are considered.

Особенность ленточных пил в отличие от рамных и круглых – ее нежесткое закрепление на станке. Отсюда необходимость учитывать влияние кинематики механизма резания. Чем точнее учтены эти параметры при подготовке пилы, тем проще и быстрее можно добиться устойчивости пилы при работе. Устойчивое движение пилы достигается при условии, что угол между продольной осью пилы и осью вращения шкива должен быть прямым. Взаимное положение шкивов для создания кинематического равновесия полотна может осуществляться наклоном одного верхнего шкива или наклоном двух шкивов [1].

При наклоне верхнего шкива (рис. 1, а) имеем:

$$R = 0,5f + 0,125 \cdot \frac{f^2}{r};$$

$$H = R - \sqrt{R^2 - A^2};$$

$$\varphi = \arcsin \frac{A}{2R}.$$

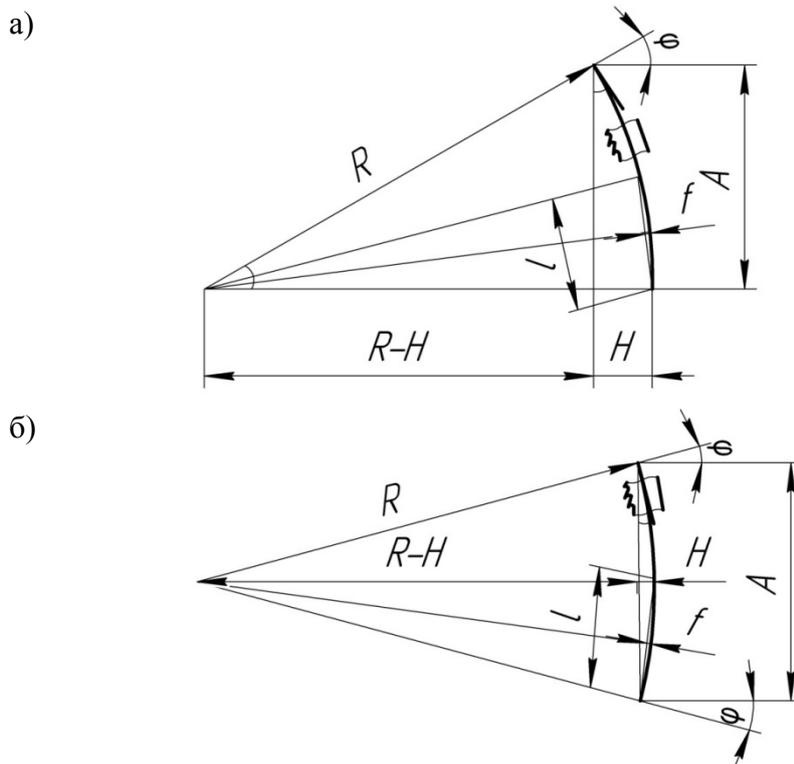


Рис. 1. Кинематическое равновесие криволинейного полотна ленточной пилы:
а – при наклоне одного шкива; б – при наклоне двух шкивов

При наклоне верхнего шкива (рис. 1, б) имеем:

$$H = R - \sqrt{R^2 - 4A^2};$$

$$\varphi = \arcsin \frac{A}{2R},$$

где R – радиус кривизны продольной оси полотна;

- f – стрела выпуклости задней кромки;
- φ – угол наклона оси шкива;
- A – расстояние между осями шкивов.

При наклоне шкива происходит смещение точек шкива по горизонтали. В зависимости от положения центра наклона это смещение при одинаковых углах может быть различным. В расчет перемещения берем переднюю кромку шкива, так как она постоянно контактирует со шкивом, независимо от ширины пилы и шкива. Варианты расположения центра наклона шкива представлены на рис. 2

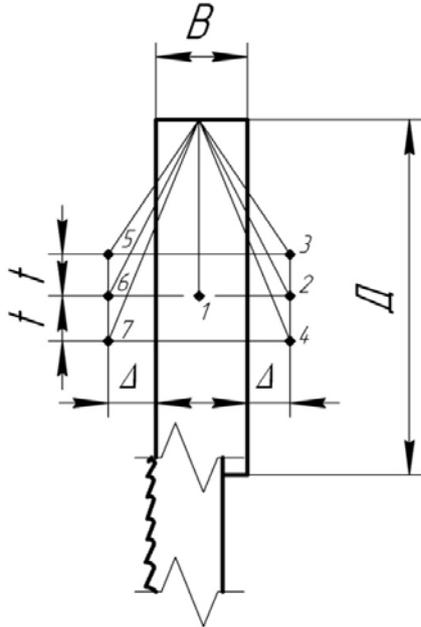


Рис. 2. Варианты расположения центра наклона шкива

Согласно рис. 2 расчеты для 1 точки выполнены по формулам:

$$R = 0,5 \cdot \sqrt{D^2 - B^2};$$

$$H = \cos(\arctg \frac{D}{B} - \varphi)R - 0,5B;$$

$$f = 0,5D - \sin(\arctg \frac{D}{B} - \varphi)R;$$

- где R – радиус поворота при наклоне шкива;
- H – смещение точек обода шкива по вертикали;
- f – смещение точек обода шкива по горизонтали;
- φ – угол наклона оси шкива;
- D – диаметр шкива;
- B – ширина шкива.

Станок с вертикальным положением шкивов.

Для точки 2:

$$R = \sqrt{0,25D^2 + (B^2 + \Delta)^2};$$

$$H = \Delta - \cos(\arctg \frac{0,5D}{\Delta} + \varphi)R;$$

$$f = \sin(\arctg \frac{D}{B} - \varphi)R - \Delta;$$

Для точки 3:

$$R = \sqrt{(0,5D - t)^2 + (B^2 + \Delta)^2};$$

$$H = \cos(\arctg \frac{0,5D}{\Delta} + \varphi)R - (B + \Delta);$$

$$f = (0,5D - t) - \sin(\arctg \frac{0,5D - t}{B + \Delta} - \varphi)R.$$

Для точки 4:

$$R = \sqrt{(0,5D + t)^2 + (B^2 + \Delta)^2};$$

$$H = \cos(\arctg \frac{0,5D + t}{B + \Delta} + \varphi)R - (B + \Delta);$$

$$f = (0,5D + t) - \sin(\arctg \frac{0,5D + t}{B + \Delta} - \varphi)R.$$

Для точки 5:

$$R = \sqrt{(0,5\Delta - t)^2 + \Delta^2};$$

$$H = \Delta - \cos\left(\arctg \frac{0,5\Delta + t}{\Delta} + \varphi\right)R;$$

$$f = \sin\left(\arctg \frac{0,5\Delta + t}{\Delta} + \varphi\right)R - (0,5\Delta - t) .$$

Для точки 6:

$$R = \sqrt{0,25\Delta^2 + (B + \Delta)^2};$$

$$H = \cos\left(\arctg \frac{0,5\Delta}{\Delta} - \varphi\right)R - \Delta;$$

$$f = 0,5\Delta - \sin\left(\arctg \frac{0,5\Delta + t}{\Delta} - \varphi\right)R .$$

Для точки 7:

$$R = \sqrt{(0,5\Delta + t)^2 + \Delta^2};$$

$$H = \Delta - \cos\left(\arctg \frac{0,5\Delta + t}{\Delta} + \varphi\right)R;$$

$$f = \sin\left(\arctg \frac{0,5\Delta + t}{\Delta} + \varphi\right)R - (0,5\Delta + t) .$$

Вальцевание полотна пилы заключается в пластическом деформировании металла на узком участке по всей длине пилы. При этом полотно, количество следов вальцевания и усилий прижима могут изменяться в зависимости от поставленных целей:

- кромки полотна – зубчатая и пыльная при натяжении должны испытывать большее напряжение в сравнении с центральной частью полотна;
- контактирование полотна со шкивом должно быть полным и обеспечивать передачу движения от ведущего шкива к пиле.

В основу расчета режимов вальцевания положена аксиома теории проката – объем металла до и после операции остается постоянным и деформация по ширине и глубине в месте контакта определяется по формулам [2]. Схема вальцевания представлена на рис. 3.

$$a = 8,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[3]{pr_1}$$

$$a = 7,4 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{p^2}{r}}$$

Площадь сегмента равна

$$S_{\text{сегм}} = 0,01745 \cdot r^2 \cdot \arcsin \frac{a}{2} - a(r - \delta).$$

Объем деформированного металла в одном следе вальцевания

$$V = 2l \cdot \left((0,01745 \cdot r^2 \cdot \arcsin \frac{a}{2} - a(r - \delta)) \right) ,$$

где l – длина полотна, см;

r – радиус вальцов, см.

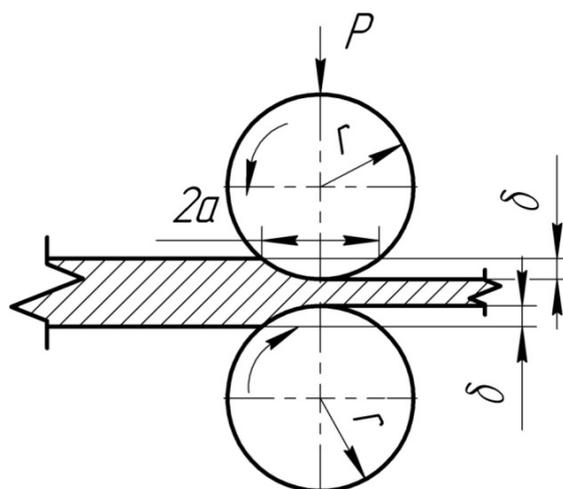


Рис. 3. Схема вальцевания

Радиус равен поперечной выпуклости вальцов. Таким образом, вальцы представляют собой шар, срезанный с двух сторон перпендикулярно оси вращения.

Желаемое пластическое деформирование в одном следе вальцевания достигается за несколько проходов с увеличивающимся давлением, что предохраняет разрушение металла.

Вальцованные зоны за счет взаимодействия с невальцованными получают сжатие, а последние испытывают растяжение. Правильно провальцованное полотно имеет равновесное состояние между этими зонами. А при натяжении на станке невальцованные (передняя и задняя кромки) получают большее натяжение, чем середина полотна. При продольном изгибе полотна вальцованные зоны имеют радиус изгиба больший, чем невальцованные зоны и поперечное сечение получает искривление. Предоставленные расчеты позволили определить усилия давления и количество следов вальцевания. Так как у большинства станков шкивы имеют выпуклый профиль, то результаты расчетов представлены для симметричного вальцевания. С целью компактности предоставлены наибольшее давление в каждом следе (таблица).

На основе расчетов и проделанных замеров на вальцованных пилах можно сделать следующие выводы:

1. Зная кинематику станка и первоначальное состояние нового полотна, можно выбрать метод и режим вальцевания.
2. Поступающие полотна могут уже иметь выпуклость задней кромки, что должно учитываться при расчетах.
3. При контроле результатов вальцевания пила должна иметь продольный изгиб близкий к радиусу шкивов. Поперечный изгиб должен соответствовать профилю шкива.
4. Контроль состояния вальцовочного станка можно провести вальцеванием двух небольших кусков пилы одинакового размера, наложенных друг на друга. Пропустив их с наибольшим давлением, получим продольное искривление образцов в сторону контакта с вальцами. Если оба вальца одинаково деформируют образцы, то они получают одинаковый изгиб (станок пригоден к работе).

Таблица 1

Зависимость давления роликов, параметров пилы и условий вальцевания

| Ширина пилы, мм | Толщина пилы, мм | Кол-во следов, шт. | Интервал, мм | Давление вальцов, Н | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|--------------------|--------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ | P ₅ | P ₆ | P ₇ | P ₈ | P ₉ | P ₁₀ | P ₁₁ | P ₁₂ | P ₁₃ | P ₁₄ | P ₁₅ |
| 350 | 2,2 | 15 | 20 | 7,8 | 9,5 | 11,5 | 13,7 | 16,7 | 19,6 | 23,5 | 28,4 | 23,5 | 19,6 | 16,7 | 13,7 | 11,5 | 9,5 | 7,8 |
| | | 10 | 30 | 13,7 | 16,7 | 2,0 | 23,5 | 28,4 | 28,4 | 23,5 | 19,6 | 16,7 | 13,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 350 | 2,0 | 10 | 30 | 10,4 | 12,5 | 15,0 | 18,0 | 21,6 | 21,6 | 18,0 | 15,0 | 12,5 | 10,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | 8 | 40 | 12,5 | 15,0 | 18,0 | 21,6 | 21,6 | 18,0 | 15,0 | 12,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 350 | 1,8 | 15 | 20 | 3,7 | 4,4 | 5,3 | 6,4 | 7,7 | 9,2 | 11,0 | 13,2 | 11,0 | 9,2 | 7,7 | 6,4 | 5,3 | 4,4 | 3,7 |
| | | 10 | 30 | 6,4 | 7,7 | 9,2 | 11,0 | 13,2 | 13,2 | 11,0 | 9,2 | 7,7 | 6,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 280 | 2,0 | 12 | 20 | 8,6 | 10,4 | 12,5 | 18,0 | 21,6 | 21,6 | 18,0 | 12,5 | 10,4 | 8,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | 8 | 30 | 12,5 | 15,0 | 18,0 | 21,6 | 21,6 | 18,0 | 15,0 | 12,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 280 | 1,8 | 12 | 20 | 5,3 | 6,4 | 7,7 | 9,2 | 11,0 | 13,2 | 13,2 | 11,0 | 9,2 | 7,7 | 6,4 | 5,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | 8 | 30 | 7,7 | 9,2 | 11,0 | 13,2 | 13,2 | 11,0 | 9,2 | 7,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 280 | 1,6 | 12 | 20 | 3,9 | 4,7 | 5,7 | 6,8 | 8,1 | 9,8 | 9,8 | 8,1 | 6,8 | 5,7 | 4,7 | 3,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | 8 | 30 | 5,7 | 6,8 | 8,1 | 9,8 | 9,8 | 8,1 | 6,8 | 5,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 230 | 1,6 | 10 | 20 | 4,7 | 5,7 | 6,8 | 8,1 | 9,8 | 9,8 | 8,1 | 6,8 | 5,7 | 4,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | 8 | 25 | 5,7 | 6,8 | 8,1 | 9,8 | 9,8 | 8,1 | 6,8 | 5,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 230 | 1,4 | 10 | 20 | 4,2 | 5,1 | 6,1 | 7,4 | 8,8 | 8,8 | 7,4 | 6,1 | 5,1 | 4,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | 8 | 25 | 5,1 | 6,1 | 7,4 | 8,8 | 8,8 | 7,4 | 6,1 | 5,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Библиографический список

1. Кузнецов А.М. Исследование устойчивости движения ленточнопильного полотна // Новое в области режущего инструмента и резания древесины. ЛДН-ТП, 1968. С. 78–82.
2. Беляев Н.М. К вопросу о местных напряжениях в связи с сопротивлением рельса смятию // Сборник ленинградского института инженеров путей сообщения. Л., 1929. С. 283-296.

Т.В. Полякова, В.Г. Новоселов
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
nauka-les@yandex.ru

**ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ СИСТЕМЫ «СТАНОК -
ПРИСПОСОБЛЕНИЕ - ИНСТРУМЕНТ - ДЕТАЛЬ» (СПИД)
НА ТОЧНОСТЬ ПРОДОЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО
ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ
(INFLUENCE OF RIGIDITY OF SYSTEM
MILL - DEVICE - TOOL - DETAIL (AIDS) ON ACCURACY
OF LONGITUDINAL CYLINDRICAL MILLING OF WOOD)**

Приводятся результаты исследований влияния жесткости системы «станок - приспособление - инструмент - деталь» (СПИД) на конечный размер детали на четырехстороннем продольно-фрезерном станке «Beaver 523» .

Results of researches of influence of rigidity of mill - device - tool - detail (AIDS) system for the final size of a detail on the quadrilateral Beaver 523 longitudinally milling machine are given.

Точность является одним из основных показателей качества изготавливаемой продукции, и с точки зрения надежности технологической системы по ГОСТ 27.202-83 [1] принимается в качестве основного критерия работоспособности.

Непостоянство сил резания в процессе обработки детали, обусловленное изменением сечения срезаемой стружки, изменением механических свойств материала, износом и затуплением режущего инструмента, колебаниями снимаемого припуска материала, различной жесткости детали ввиду неоднородности физико-механических свойств древесины, вызывает и неравномерность упругих деформаций системы «станок- приспособление - инструмент - деталь», что влияет на точность обработки заготовки.

Для оценки влияния жесткости системы СПИД на точность обработки заготовок проведены исследования деформаций валов верхней и левой боковой ножевых головок четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523» в лаборатории кафедры станков и инструментов УГЛТУ. Нагружение валов производилось с помощью настроечных механизмов станка, сила определялась динамометром сжатия ДОСМ-3-1, для измерения деформации использовалась стойка с индикатором часового типа (рис. 1).

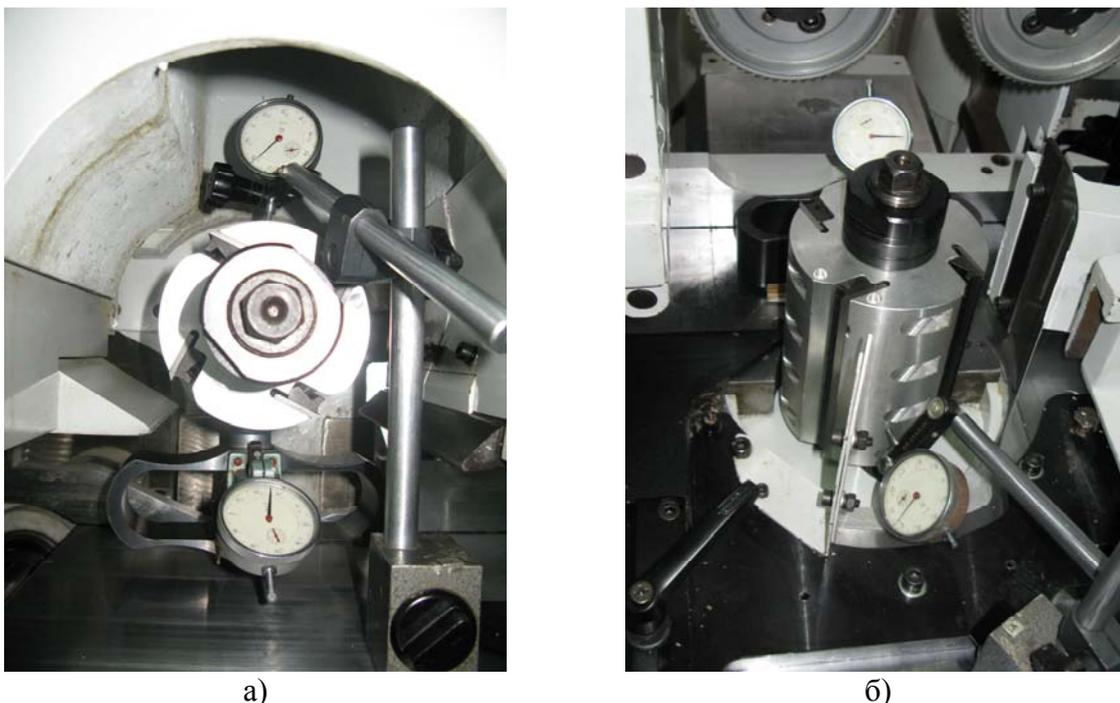


Рис. 1. Установка приборов для измерения сил и деформаций на верхней (а) и левой боковой (б) ножевых головках четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523»

Сила прикладывалась к валу в средней части ножевой головки, и в этом же сечении определялась величина деформации (рис. 2).

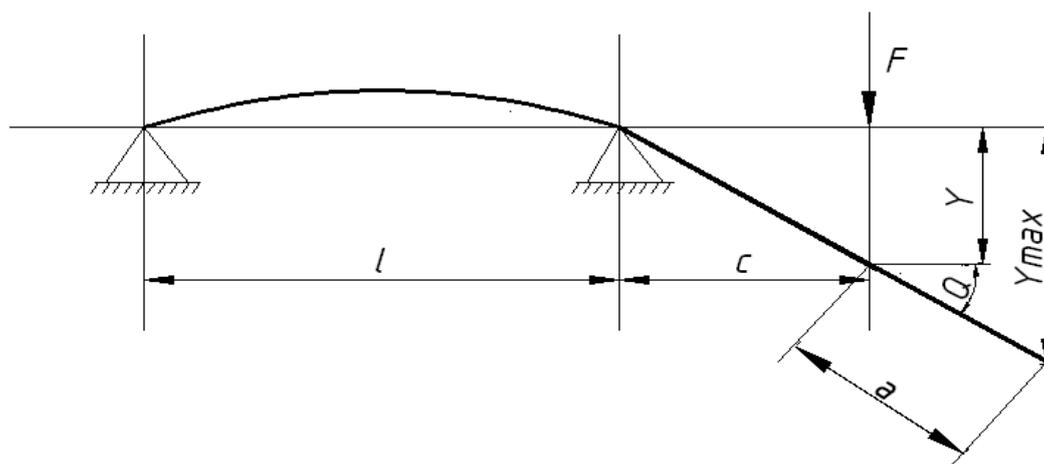


Рис. 2. Схема нагружения и измерения деформации валов ножевых головок четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523»

Измерения проводились при нагружении и разгрузке троекратно, по усредненным значениям построены соответствующие графики зависимости силы и деформации, представленные на рис. 3.

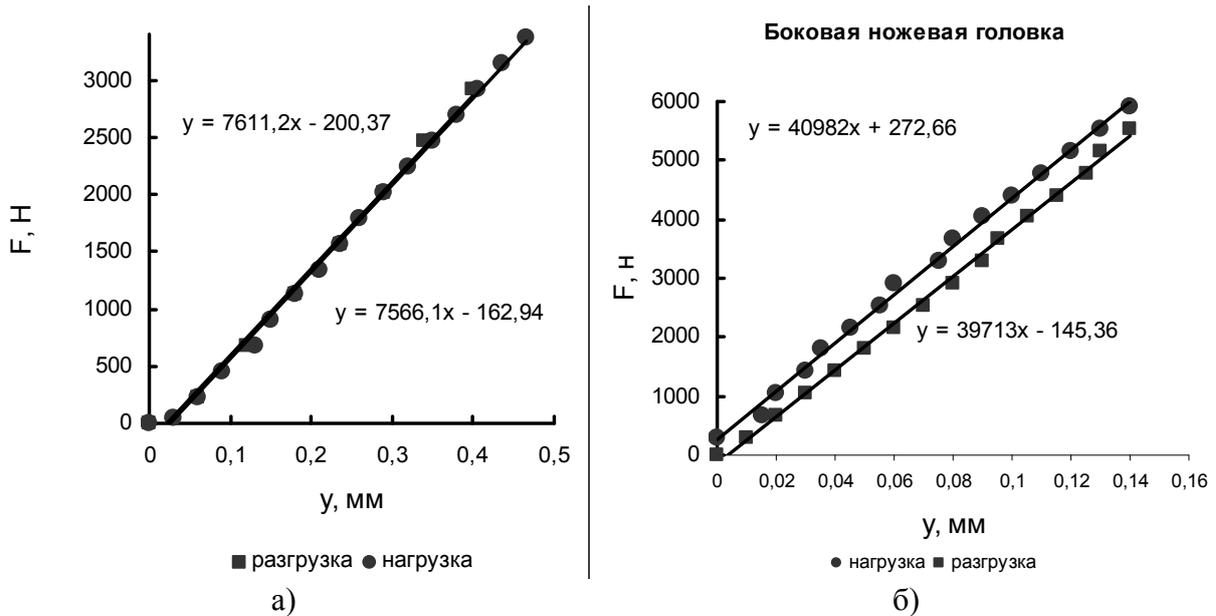


Рис. 3. Графики зависимости силы и деформации валов верхней (а) и левой боковой (б) ножевых головок четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523»

Как видно, нагрузочные и разгрузочные зависимости силы и деформации валов несколько различаются ввиду трения в соединениях деталей и гистерезиса в их материалах. Однако с достаточной для решения поставленной задачи точностью можно принять средние коэффициенты пропорциональности силы и деформации валов ножевых головок: верхней 7589 Н/мм и левой боковой 40303 Н/мм.

Из уравнения изогнутой оси двухопорной балки с нагруженной консолью [2]:

$$y = \frac{F}{EJ} \frac{c^2(l+c)}{3}, \quad (1)$$

можно выразить приведенную к валу постоянного диаметра жесткость сечения EJ :

$$EJ = \frac{F}{y} \frac{c^2(l+c)}{3}, \quad (2)$$

где дробь F/y и есть определенный из опыта коэффициент пропорциональности.

В табл. 1 указаны значения размеров балок и приведенной жесткости сечений валов верхней (а) и левой боковой (б) ножевых головок.

Таблица 1

Расчет приведенной жесткости валов

| Головка | L , мм | C , мм | EJ , Нмм ² |
|---------|----------|----------|-------------------------|
| Верхняя | 230 | 180 | $3,360 \cdot 10^{10}$ |
| Боковая | 230 | 100 | $4,433 \cdot 10^{10}$ |

Для определения деформации валов в процессе фрезерования выполним расчет сил резания на основе решения обратной задачи [3]. Окружная касательная сила резания средняя за оборот фрезы:

$$F_{x0} = \frac{1000P\eta}{V}, \quad (3)$$

где P – мощность электродвигателя механизма резания, кВт; η – к.п.д. механизма резания; V – скорость резания, м/с.

Средняя сила резания на дуге контакта лезвий с древесиной, исходя из баланса работы сил:

$$F_{xzy\delta} = \frac{F_{x0}\pi D}{l_k z}, \quad (4)$$

где D – диаметр фрезы, мм; l_k – длина дуги контакта лезвия с древесиной, мм; z – количество лезвий фрезы.

Длина дуги контакта лезвия с древесиной:

$$l_k = \sqrt{tD}, \quad (5)$$

где t – глубина фрезерования, мм.

Для станка «Beaver 523» с частотой вращения шпинделей 6000 мин^{-1} , диаметром фрез 125 мм, мощностью двигателя верхней головки 11 кВт, двигателя левой головки 5,5 кВт, считая к.п.д. пары подшипников качения 0,99, с количеством лезвий на фрезе 4, глубиной фрезерования 2 мм получим для ножевых головок: верхней $F_{xzy\delta} = 1722 \text{ Н}$ и левой боковой $F_{xzy\delta} = 1174 \text{ Н}$. Приближенно, полагая, что мгновенная сила резания нарастает по закону треугольника, можно принять ее максимальное значение равным удвоенному среднему, тогда получим для ножевых головок: верхней $F_{xmax} = 3444 \text{ Н}$ и левой боковой $F_{xzy\delta} = 2348 \text{ Н}$.

Радиальная сила (сила отжима), влияющая на деформацию валов в направлении, нормальном к поверхности обработки, в зависимости от касательной силы определяется по формуле

$$F_z = (1 - \cos \varphi) F_x / \sin \varphi, \quad (6)$$

где φ – среднее значение угла, соответствующее середине угла контакта φ_k .

$$\varphi_k = \sqrt{\frac{t}{D}}. \quad (7)$$

Исходя из сделанных предположений, максимальная сила отжима составит для ножевых головок: верхней $F_{xmax} = 109 \text{ Н}$ и левой боковой $F_{xmax} = 74 \text{ Н}$. Ввиду дорезонансного режима работы валов можно считать их прогибы пропорциональными нагрузке, тогда деформация в средней части лезвия ножа фрезы не превысит 0,014 мм для верхней головки и 0,002 мм для боковой. Считая кривизну изогнутой оси вала малой, а также ввиду жесткости корпусов ножевых головок, примем, что деформация вала пропорциональна длине участка консоли. Тогда максимальный прогиб на конце верхней ножевой головки вала приближенно составит 0,023 мм, а у левой боковой 0,003 мм. Эта величина прогибов валов на порядок меньше, чем отклонение размера детали 0,2 мм, обработанной на четырехстороннем продольно-фрезерном станке, допускаемое по нормам точности [4].

Выводы.

1. Жесткость системы СПИД оказывает влияние на деформации валов ножевых головок фрезерного станка под действием сил отжима.

2. Величина деформаций валов ножевых головок реального фрезерного станка «Beaver 523» на порядок меньше, чем отклонение размера детали, допускаемое по нормам точности для четырехсторонних продольно-фрезерных станков.

Библиографический список

1. ГОСТ 27.202-83. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. Введ. 1984-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 50 с.
2. Любошиц М.И., Ицкович Г.М. Справочник по сопротивлению материалов. Изд. 2-е исправл. и дополн. Минск: Вышейш. школа, 1969. 464 с.
3. Глебов И.Т. Обработка древесины методом фрезерования: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. 192 с.
4. ГОСТ 7315-83. Деревообрабатывающее оборудование. Станки строгальные четырехсторонние. Нормы точности. Введ. 1983-04-28. М.: Изд-во стандартов, 1983. 9 с.

И.Т. Рогожникова, В.Г. Новоселов
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
nauka-les@yandex.ru

**ОБ УЧАСТИИ ЛЕЗВИЙ МНОГОЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА
В ФОРМИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ
ДРЕВЕСИНЫ**
(ABOUT PARTICIPATION OF EDGES OF MNOGOLEZVIYNOGO OF THE
TOOL IN SURFACE FORMATION WHEN MILLING WOOD)

Определены условия участия лезвий многолезвийного инструмента в формировании и в резании обработанной поверхности с учетом разницы радиусов резания резцов многозубой фрезы.

Conditions of participation of edges of the mnogolezviyny tool in formation and in cutting of the processed surface taking into account a difference of radiuses of cutting of cutters of a mnogozuby mill are defined.

Качество обработки древесины определяется шероховатостью получаемой поверхности, которая при продольном цилиндрическом фрезеровании формируется совокупностью кинематической волнистости и неровностей разрушения древесины.

В работе Б.М. Буглая [1] рассмотрены вопросы образования кинематической волнистости и влияния радиуса резания резцов на формирование поверхности древесины. При неодинаковых радиусах резания резцы оставляют неодинаковые по длине волны. При определенной разнице радиуса резания отдельные резцы могут не принимать участия в окончательном формировании поверхности. В крайнем случае, поверхность может формироваться только одним, наиболее выступающим резцом. В этом случае минимальная разница радиусов резания, при которой лезвие перестает касаться волны, оставленной наиболее выступающим лезвием, определяется по известной формуле [1]

$$\Delta R = R_1 - \sqrt{R_1^2 + S_n^2 \frac{\omega}{360} \left(\frac{\omega}{360} - 1 \right)}, \quad (1)$$

где R_1 – радиус резания наиболее выступающим лезвием фрезы, мм;

S_n – подача на оборот фрезы, мм;

ω – центральный угол, заключенный между наиболее выступающим резцом и рассматриваемым, град.

Наибольшая допустимая величина разности радиуса резания резцов соответствует центральному углу $\omega = 180^\circ$. При величине подачи на один зуб 0,5 мм, глубине резания 2,5 мм, номинальном (максимальном) радиусе резания 75 мм и количестве лезвий фрезы 2 эта разность составит 0,001667 мм. Если разность радиусов окажется больше, чем определенная по формуле (1), то второй резец не будет участвовать в формировании кинематической волнистости. Однако данный резец может участвовать в процессе резания.

В работах Ф.М. Манжоса [2], В.И. Любченко [3] отмечается, что для уменьшения шероховатости поверхности в общем случае требуется наряду с увеличением скорости резания и числа резцов, еще необходимо соблюдать высокую точность радиуса резания резцов. Утверждается также, что при установке ножей необходимо, чтобы радиус резания лезвий всех ножей в любом сечении ножевого вала отличался не более 0,05-0,1 мм. Увеличение радиуса резания резца приводит к тому, что второй нож будет принимать участие в формировании поверхности, хотя будет срезать слои в толще снимаемого припуска. Критический момент наступит, когда на поверхности будут волны, оставленные только одним резцом.

В работе [4] А.Э. Грубе также утверждает, что для совпадения или максимального приближения траектории движения второго ножа необходимо, чтобы радиус его резания отличался от радиуса резания первого ножа менее чем на 0,008 мм. При этих условиях второй нож оставит след на поверхности обработки. Однако, как утверждает автор, поскольку точность установки ножей в лучших случаях составляет практически 0,05 мм, то второй нож следа на поверхности обработки не оставит, а след будет оставлен одним, наиболее выступающим лезвием.

В связи с этим возникает вопрос: а будут ли в случае невыполнения условия, определенного формулой (1), лезвия с меньшим радиусом участвовать в процессе срезания стружки? Это важно знать, так как процесс резания связан с возникающими силами технологического сопротивления (резания), он определяет механическую прочность и износостойкость инструмента, влияет на шумообразование и вибрацию в деревообрабатывающих станках.

Идеально точное расположение ножей фрезы достигнуть сложно. Существует четыре случая участия резцов многозубой фрезы в формообразовании обрабатываемой поверхности:

- режут и формообразуют все резцы;
- все резцы режут, хотя формообразуют не все резцы;
- некоторые резцы режут, хотя формообразует один резец;
- один резец режет и формообразует.

Первому случаю соответствует условие, определяемое формулой (1).

Рассмотрим схему образования поверхности при продольном цилиндрическом фрезеровании двухзубой фрезой (рис. 1).

Расстояние, которое пройдет ось вращения фрезы за время, соответствующее центральному углу между зубьями, будет равно подаче на зуб S_z .

При глубине резания t траектория, описываемая резцом с радиусом R_2 , коснется поверхности, образованной резцом с радиусом R_1 , в точке его выхода из древесины.

Из рис. 1 следует, что

$$\cos \alpha_1 = \frac{R_1 - t}{R_1}, \quad (2)$$

и

$$\cos \alpha_2 = \frac{R_1 - t}{R_2}. \quad (3)$$

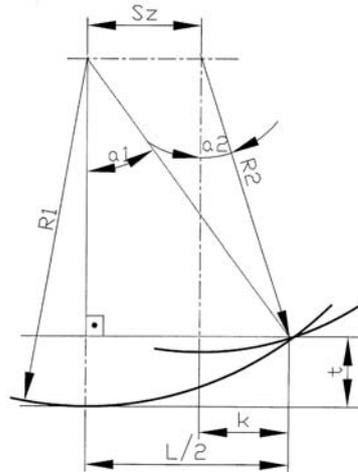


Рис. 1. Схема резания древесины

После ряда преобразований получаем

$$R_2 = R_1 \frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2}. \quad (4)$$

Из рис. 1 также следует, что

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{k}{R_1 - t}, \quad (5)$$

где k – разница между полудлиной волны и подачей на зуб S_z .

Тогда

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{k}{R_1 - t} = \frac{L/2 - S_z}{R_1 - t} = \frac{\sqrt{2tR_1} - S_z}{R_1 - t}. \quad (6)$$

Из тригонометрии, при малых значениях положительных углов, имеем

$$\cos \alpha_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_2}}. \quad (7)$$

После всех подстановок получим

$$\Delta R = R_1 \left[1 - \left(1 - \frac{t}{R_1} \right) \sqrt{1 + \left(\frac{\sqrt{2tR_1} - S_z}{R_1 - t} \right)^2} \right]. \quad (8)$$

При номинальном значении радиуса резания 75 мм, подаче на зуб 0,5 мм, глубине срезаемого слоя 2,5 мм минимальная разность радиусов резания, при которой оно осуществляется одним резцом, составит 0,086 мм. При меньшей разнице в работу по срезанию стружки будут вовлечены оба резца.

Объемная диаграмма разности радиусов резания представлена на рис. 2.

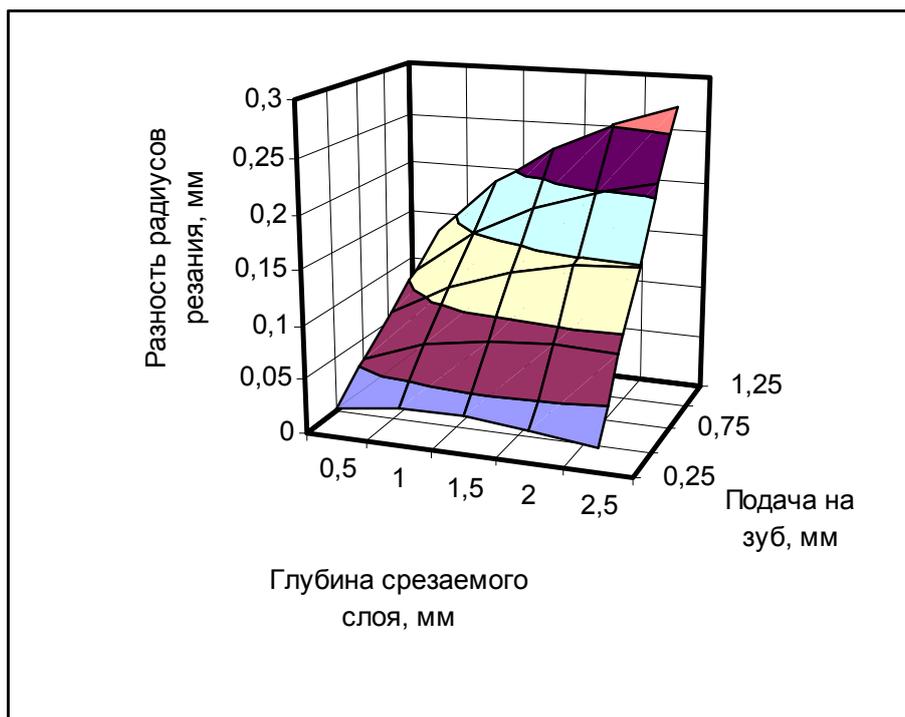


Рис. 2. Объемная диаграмма разности радиусов резания

Таким образом, имеющиеся рекомендации по разнице радиуса резания резцов в пределах 0,05 мм можно признать обоснованными при данных параметрах с точки зрения участия лезвий в работе по превращению снимаемого слоя древесины в стружку. Однако эта разность слишком велика, чтобы второе лезвие оставило след на сформированной поверхности обработки.

В настоящее время на продольно-фрезерных станках используются многозубые ($Z \geq 2$) фрезы. Резание одним резцом в этом случае будет происходить, если за время прохождения всех других резцов ни одна из их траекторий не пересечет образованную им поверхность резания.

Учитывая, что наибольшая допустимая величина разности радиуса резания резцов соответствует центральному углу $\omega = 180^\circ$, с достаточной точностью можно сформулировать следующие условия участия лезвий многолезвийного инструмента в формировании обработанной поверхности древесины:

1. Режут и формуют все резцы, если для каждого резца радиус резания R_i находится в диапазоне

$$R_1 \geq R_i > R_1 - \Delta R, \quad (9)$$

где R_1 – радиус резания наиболее выступающего резца;

ΔR – разница радиусов резания, при которой лезвие перестает касаться волны, оставленной наиболее выступающим лезвием, определяется по формуле (1).

2. Все резцы режут, хотя формуют не все резцы

$$R_1 - \Delta R \geq R_i > R_2, \quad (10)$$

где R_2 – радиус резца, определяемый по формуле (4).

3. Некоторые резцы режут, хотя формует один резец;

$$R_1 - \Delta R > R_i \geq R_2. \quad (11)$$

4. Один резец режет и формообразует

$$R_i < R_2, i \neq 1. \quad (12)$$

Следует отметить, что как в методике Б.М. Буглая [1], так и в предлагаемом расчете система СПИД принята абсолютно жесткой, и не учитываются ее упругие и температурные деформации, безусловно влияющие на кинематику процесса резания и на формирование обработанной поверхности. Этот вопрос требует дальнейшего изучения и учета.

Выводы:

1. Требования к точности совпадения радиусов резания резцов с точки зрения обеспечения участия в формировании поверхности и с точки зрения участия в процессе стружкообразования отличаются более чем на порядок в сторону последних.

2. Принятая на практике точность установки лезвий сборных фрез до 0,05 мм является теоретически обоснованной с точки зрения их участия в процессе стружкообразования.

3. Для более точного определения условий участия лезвий в формировании поверхности и в процессе стружкообразования необходимо дополнительно рассмотреть и учесть деформации системы СПИД.

Библиографический список

1. Буглай Б.М. Исследования и нормализация чистоты поверхности древесины: дис. д-ра.техн. наук. М.: МЛТИ, 1957.
2. Манжос Ф.М. Настройка дереворежущих станков. М.: Гослесбумиздат, 1955. 104 с.
3. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 296 с.
4. Грубе А.Э. Дереворежущие инструменты. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 344 с.

*П.В. Рудак, Д.В. Куис
БГТУ, Минск, РБ
pima.legno@inbox.ru*

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН С ПОКРЫТИЯМИ ПРИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ (TRIBOTECHNICAL TESTING OF THE HARD CUTTING BLADES COATED IN CYLINDRICAL CHIPBOARD MILLING)

В статье приводятся методика и результаты экспериментальных исследований коэффициентов трения, характеризующих процесс обработки ДСтП хвостовыми фрезами, оснащенными ножами с вакуумно-плазменными покрытиями.

The article presents the methodology and results of experimental studies of friction coefficients that characterize the processing of particleboard tail cutters, knives equipped with a vacuum-plasma coatings.

Введение. При исследовании процессов резания древесины и древесных материалов с целью энерго- и ресурсосбережения (разработка режимов резания, совершенствование режущего инструмента, повышение полноты аспирации) важным является установление условий трения в области образования стружки.

При этом следует учитывать особые условия эксплуатации инструмента, в частности, величины усилий, действующих на поверхностях режущего клина. Эти усилия могут быть рассчитаны по известным аналитическим соотношениям теорий резания. Точность данных расчетов решающим образом зависит от достоверности констант, в том числе и коэффициентов трения.

Известно, что изменение коэффициента трения при резании равносильно изменению угла резания и приводит к изменению формы стружкообразования. С уменьшением коэффициента трения стружка будет приближаться к сливной. Поэтому уменьшение коэффициента трения приводит также к улучшению качества обработки древесины.

Особенности трения в условиях резания древесных материалов по сравнению с обработкой других материалов ставят серьезные ограничения на применение стандартных методик определения триботехнических свойств дереворежущих лезвий.

Фрезерование древесных материалов осуществляют при высоких частотах вращения инструмента, что характеризует такой процесс резания, как высокоциклический. При этом сила резания при встречном фрезеровании меняется от минимального до максимального значения по мере увеличения толщины стружки при движении ножа по дуге контакта с обрабатываемым материалом.

Обрабатываемый древесный материал и образующаяся стружка обладают низкой теплопроводностью, в связи с этим практически вся теплота, образующаяся при резании, поглощается весьма ограниченной по площади зоной лезвия, которая может нагреваться до высоких температур (800 – 1000°C). Тепловые явления при резании оказывают значительное влияние на изменение микрогеометрии лезвия, а, таким образом, и на износ инструмента. Известно, что значительно увеличивают интенсивность износа продукты термодеструкции древесины, особенно их фракция, содержащая органические кислоты [1].

Древесный материал обладает высокой упругостью – в зоне резания возможны упругие восстановления, причем, в связи с волокнистым строением древесной основы процесс резания начинается только после достижения в волокнах достаточных механических напряжений – до этого лезвие сминает частицы обрабатываемого материала.

В связи с особенностями технологии изготовления физико-механические свойства древесностружечной плиты плоского прессования неравномерны по толщине, а как следствие, лезвие инструмента испытывает неравномерные механические, тепловые и др. нагрузки по своей длине – коэффициенты трения непостоянны.

Наличие в древесностружечной плите твердых частиц законденсированного связующего (как правило, 8 – 12% карбамидоформальдегидной смолы) оказывает значительное влияние на процесс резания – возможна реализация механизмов контактной усталости. Низкая влажность древесной основы плиты, наличие законденсированного полимера в условиях высокой цикличности процесса резания могут приводить к электроэрозионному износу резцов.

Указанные особенности процесса резания древесностружечных плит значительны и уникальны – не могут быть всецело воссозданы на испытательных машинах для исследования триботехнических характеристик по стандартным методикам (например, по схеме возвратно-поступательного движения контактирующих тел на трибометре).

Таким образом, коэффициент трения следует устанавливать по результатам экспериментальных исследований в условиях реального процесса резания. Такие данные отсутствовали.

Цель работы – в реальных условиях фрезерования в широких диапазонах параметров режима резания установить коэффициенты трения, характеризующие процесс обработки древесностружечных плит (ДСтП) инструментом, оснащенным ножами из вольфрамокобальтового твердого сплава с вакуумно-плазменными покрытиями.

Основная часть. При трении в процессе резания последовательно протекают два процесса: предварительное смещение контактирующих поверхностей и их скольжение. При фрезеровании периодическое смещение проявляется при образовании каждого из элементов стружки, таким образом, целесообразно определять среднее значение коэффициента трения за периоды покоя и скольжения.

В ряде случаев целесообразно определять значение коэффициента трения задней поверхности лезвия и примыкающей к ней части режущей кромки.

Касательную силу по задней грани лезвия F_z можно рассматривать как силу трения, поскольку упругопластическое деформирование поверхности резания задней гранью мало. Тогда: $F_z = f F_{zl}$, где f – коэффициент трения по задней поверхности лезвия; F_{zl} – усилие заглабления лезвия в поверхность резания [2].

Разработанная на кафедре материаловедения и технологии металлов БГТУ методика определения коэффициента трения f задней поверхности лезвия и примыкающей к ней части режущей кромки при фрезеровании ДСтП основывается на синхронном динамометрировании касательной и нормальной сил резания по задней поверхности лезвия в процессе фрезерования с нулевой высотой снимаемого припуска.

Отличительной особенностью данной методики является использование для исследований коэффициентов трения разработанной экспериментальной установки на основе современного деревообрабатывающего центра с числовым программным управлением (ЧПУ) и оснащенного двумя рабочими столами.

На первом рабочем столе реализуют процесс фрезерования заготовок древесностружечной плиты типичной для производства длины на промышленных режимах, что позволяет воссоздавать температурный и др. режим процесса реальной эксплуатации инструмента. В непосредственном продолжении заготовок первого стола – на втором столе размещают универсальный динамометр с образцом обрабатываемой плиты. Применение современной тензометрической системы и математических методов фильтрации позволяет с высокой точностью устанавливать действующие силы, которые используются для определения коэффициентов трения.

Экспериментальная установка создана на базе современного деревообрабатывающего центра с ЧПУ ROVER B 4.35 (рис. 1).

Схема крепления заготовок на рабочих столах станка при проведении экспериментов представлена на рис. 2.

Заготовка ДСтП на первом рабочем столе станка 1 (рис. 2, а) устанавливается встык с заготовкой для динамометрирования 2 (рис. 2, б). Динамометр УДМ – 1200 с зафиксированной заготовкой 2 жестко закреплен на втором столе станка.



Рис. 1. Экспериментальная установка:

1 – ПК типа notebook; 2 – операционный блок обрабатывающего центра с ЧПУ ROVER B 4.35; 3 – УДМ-1200; 4 – вторичный преобразователь SONY; 5 – первый рабочий стол; 6 – второй рабочий стол

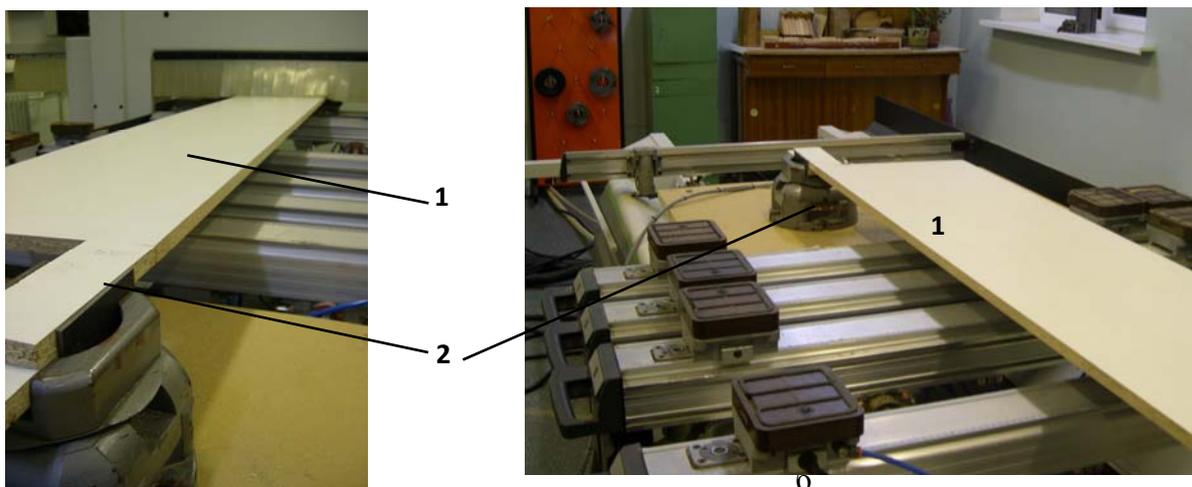


Рис. 2. Схема крепления заготовок на рабочих столах станка при проведении экспериментов:

1 – заготовка ДСтП на первом рабочем столе;
2 – заготовка ДСтП для динамометрирования

Регистрирующий прибор – тензометрическая измерительная система EX – UT10 с i.Link интерфейсом (фирма SONY, Япония), опрашивает тензодатчики УДМ и позволяет определять усилия по трем взаимно перпендикулярным направлениям (ось X (направлена по ходу подачи), ось Y и ось Z), возникающие в зоне резания, а также величину момента в горизонтальной плоскости XY [3] (рис. 3).

Поскольку регистрирующий прибор выдает оцифрованные данные, то рационально использовать цифровые способы фильтрации сигналов [4]. Для обработки сигнала от измерительной системы применена фильтрация методом усреднения накопленных значений с накоплением 128 сэмплов с использованием цифрового запоминающего осциллографа TEKTRONIX TDS 2024B (США).

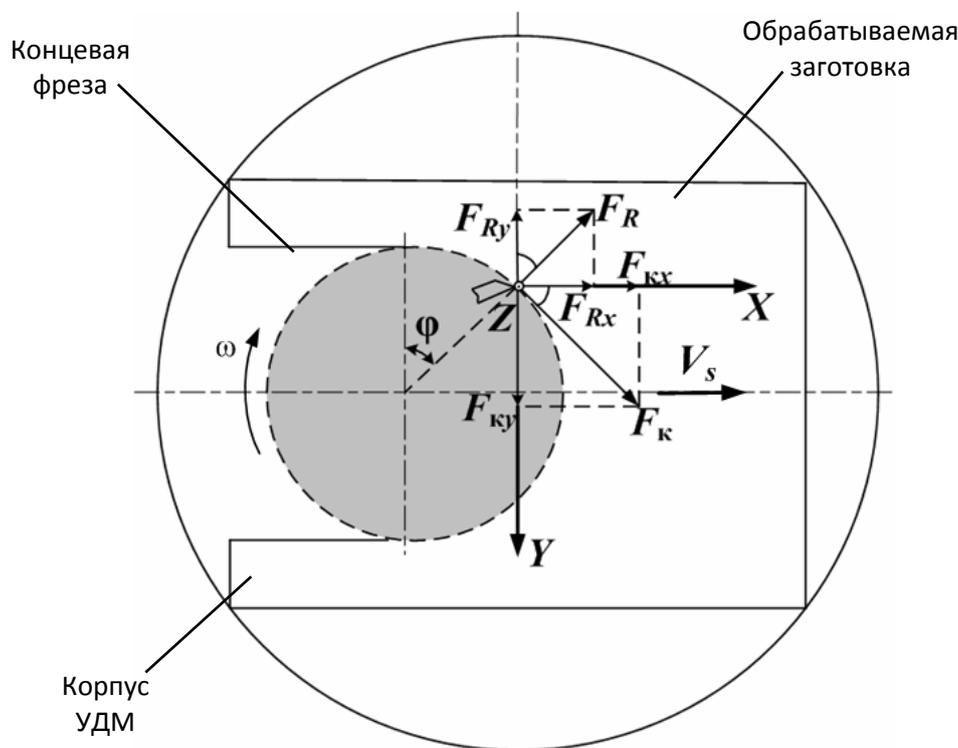


Рис. 3. Схема усилий, воспринимаемых тензодатчиками в процессе резания

Условия проведения экспериментов. Режущие элементы, используемые в качестве основы для нанесения покрытия, – неперетачиваемые пластины вольфрамкобальтового твердого сплава SMG 02. После каждого эксперимента фреза с резцом смещалась (менялся нож) – обработка велась острой областью режущего элемента.

Обрабатываемый материал – древесностружечная плита с отделкой с двух сторон ламинатом (EN 14322) производства компании Pfleiderer Grajewo S.A. (Польша). Толщина плиты – 18 мм. Средняя плотность – 650 кг/м^3 – контролировалась определением средней массы по результатам замеров для 5 кубиков $18 \times 18 \times 18 \text{ мм}$, вырезанных с различных участков плиты. Размеры заготовки для динамометрирования – $68 \times 300 \times 18 \text{ мм}$. Размеры заготовки для предварительной обработки – $2700 \times 500 \times 18 \text{ мм}$. Тип применяемого инструмента – однозубая хвостовая фреза. Диаметр окружности резания хвостовой фрезы – 21 мм.

Перед динамометрированием выполнялось фрезерование закрепленных встык заготовок на первом и втором столах станка со снятием припуска 3 мм для устранения погрешностей установки заготовок. Следующий проход выполнялся по прежней траектории при отсутствии снятия припуска. Регистрировались силовые параметры взаимодействия лезвия с обрабатываемой поверхностью. Данные подвергались математиче-

ской фильтрации с применением цифрового запоминающего осциллографа, после чего рассчитывались коэффициенты трения.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице.

Методическая сетка опытов

| № опыта | Частота вращения фрезы n , мин | Скорость подачи, V_s , м/мин | f | № опыта | Частота вращения фрезы n , мин | Скорость подачи, V_s , м/мин | f |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------|
| Резец без покрытия | | | | | | | |
| Влияние частоты вращения | | | | Влияние скорости подачи | | | |
| 1 | 10 000 | 6 | 0,6 | 6 | 14000 | 2 | 1,6 |
| 2 | 12 000 | | 0,7 | 7 | | 4 | 1,0 |
| 3 | 14 000 | | 0,9 | 8 | | 6 | 0,9 |
| 4 | 16 000 | | 1,3 | 9 | | 8 | 1,7 |
| 5 | 18 000 | | 1,6 | 10 | | 10 | 1,8 |
| Резец с покрытием | | | | | | | |
| Влияние частоты вращения | | | | Влияние скорости подачи | | | |
| 11 | 10 000 | 6 | 0,5 | 16 | 14000 | 2 | 1,3 |
| 12 | 12 000 | | 0,5 | 17 | | 4 | 0,6 |
| 13 | 14 000 | | 0,6 | 18 | | 6 | 0,6 |
| 14 | 16 000 | | 1,0 | 19 | | 8 | 1,4 |
| 15 | 18 000 | | 1,3 | 20 | | 10 | 1,6 |

На рис. 4 (а, б) представлены графические зависимости коэффициента трения соответственно от частоты вращения хвостовой фрезы и скорости подачи.

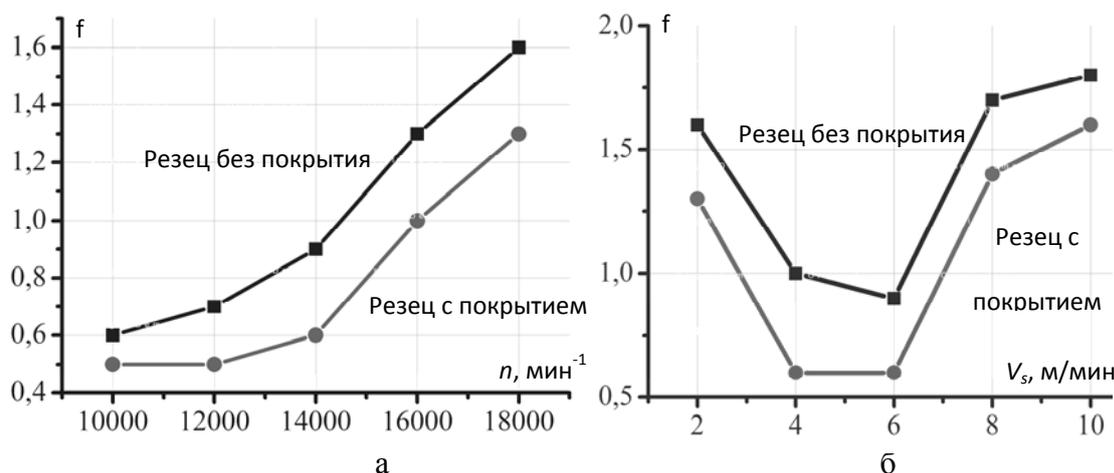


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения f от частоты вращения хвостовой фрезы n (а) и скорости подачи V_s (б)

Заключение. В реальных условиях фрезерования в широких диапазонах параметров режима резания установлены коэффициенты трения, характеризующие процесс обработки древесностружечных плит инструментом, оснащенным ножами из вольфра-

мокобальтового твердого сплава с вакуумно-плазменными покрытиями. Анализ графических зависимостей на рис. 3 (а, б) позволяет сделать вывод о рациональности применения режима резания – скорость подачи 2 – 6 м/мин, частота вращения фрезы – 10 000 – 12 000 мин⁻¹.

Разработанная методика триботехнических испытаний инструмента при фрезеровании ДСтП представляет большое значение для установления закономерностей образования стружки, движения частиц стружки и пыли в зоне резания древесины и древесных материалов при фрезеровании в широких диапазонах параметров режима резания, разработки методики и устройства энергосберегающего эффективного улавливания стружки и пыли.

Библиографический список

1. Любченко, В.И. Резание древесины и древесных материалов. М.: МГУЛ, 2002. 310 с.
2. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 304 с.
3. Рудак, П. В. Силовые показатели процесса обработки плитных древесных материалов концевым фрезерным инструментом // Труды БГТУ. Сер. II. Лесн. и д-о. пром-сть, 2009. Вып. XVII.
4. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2002. 608 с.

В.И. Сулинов, П.В. Шевелев
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ СБОРНОЙ ФРЕЗЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ (DESIGN OF A SPECIAL MODULAR MILL FOR PROFILE SURFACES PROCESSING)

Приведена конструкция и методика расчета геометрических параметров специальной сборной фрезы для обработки цилиндрических деталей.

The design and geometrical parameters calculation method of a special modular mill for cylindrical details processing is given.

Как известно, специальным называют режущий инструмент определенного вида, предназначенный для конкретных условий его эксплуатации. В данном случае речь идет о профильных фрезах, которые в процессе продольного фрезерования формируют на обрабатываемой заготовке цилиндрическую поверхность. Максимальный периметр профиля цилиндрической поверхности, который формируется одной фрезой, ограничивается половиной длины окружности. Для того, чтобы получить деталь полной цилиндрической формы, необходимо повторить обработку заготовки с противоположной стороны или использовать в кинематике станка еще одну фрезу. В том и другом случае в форме сечения могут иметь место недопустимые отклонения, объясняемые неблагоприятными условиями базирования заготовки квадратного сечения. Вместе с тем качество обработанной поверхности и производительность обработки в процессе формиро-

вания цилиндрических деталей методом продольного фрезерования будут выше, чем у бесцентровых круглопалочных станков.

Для повышения точности формы цилиндрических деталей, изготавливаемых методом продольного фрезерования, авторами предлагается использовать не одну пару фрез, а две пары фрез, располагаемых в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 1).

Таким образом, круглое сечение детали (рис. 1) формируется при участии четырех фрез, имеющих фасонный профиль режущих кромок.

Из анализа рис. 1 можно заметить, что идеального совпадения поверхностей, формируемых горизонтальными 2 и вертикальными 1 фрезами, быть не может, так как $(l_1 - l_2) = \Delta$.

ГОСТ 6449.3-82 регламентирует допуски формы и расположения поверхностей для цилиндрических деталей из древесины.

Допуск на цилиндричность характеризуется наибольшим расстоянием Δ (рис. 1) от точек реального профиля до прилегающей окружности.

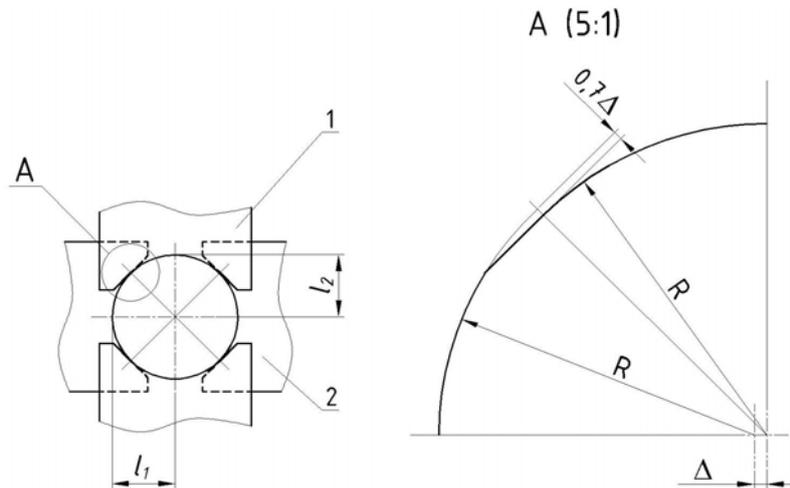


Рис. 1. Схема формирования поперечного сечения цилиндрической детали при участии четырех фрез

Допуски цилиндричности для изделий из древесины по ГОСТ 6449.3-82 зависят от рекомендуемых значений степеней точности на изготовление тех или иных деталей. Для несопрягаемых цилиндрических поверхностей рекомендуемая степень точности находится в пределах 15...20. Для деталей с номинальным диаметром от 18 до 30 мм при наибольшей степени точности 15 допуск цилиндричности составляет $\Delta = 0,4$ мм. При увеличении диаметра деталей до 50 мм допуск возрастает до $\Delta = 0,5$ мм.

Очевидно, что настройка фрез с учетом выполнения вышеуказанных пределов точности вполне достижима.

С другой стороны, чтобы сделать переходную поверхность, формируемую двумя смежными фрезами более плавной, центральный радиусный участок лезвия фрезы по бокам должен плавно по касательной к дуге окружности переходить в прямолинейные участки.

На рис. 2 приведен общий вид фрезы для формирования цилиндрической поверхности на одной четверти профиля цилиндра с номинальным радиусом $r = 20$ мм.

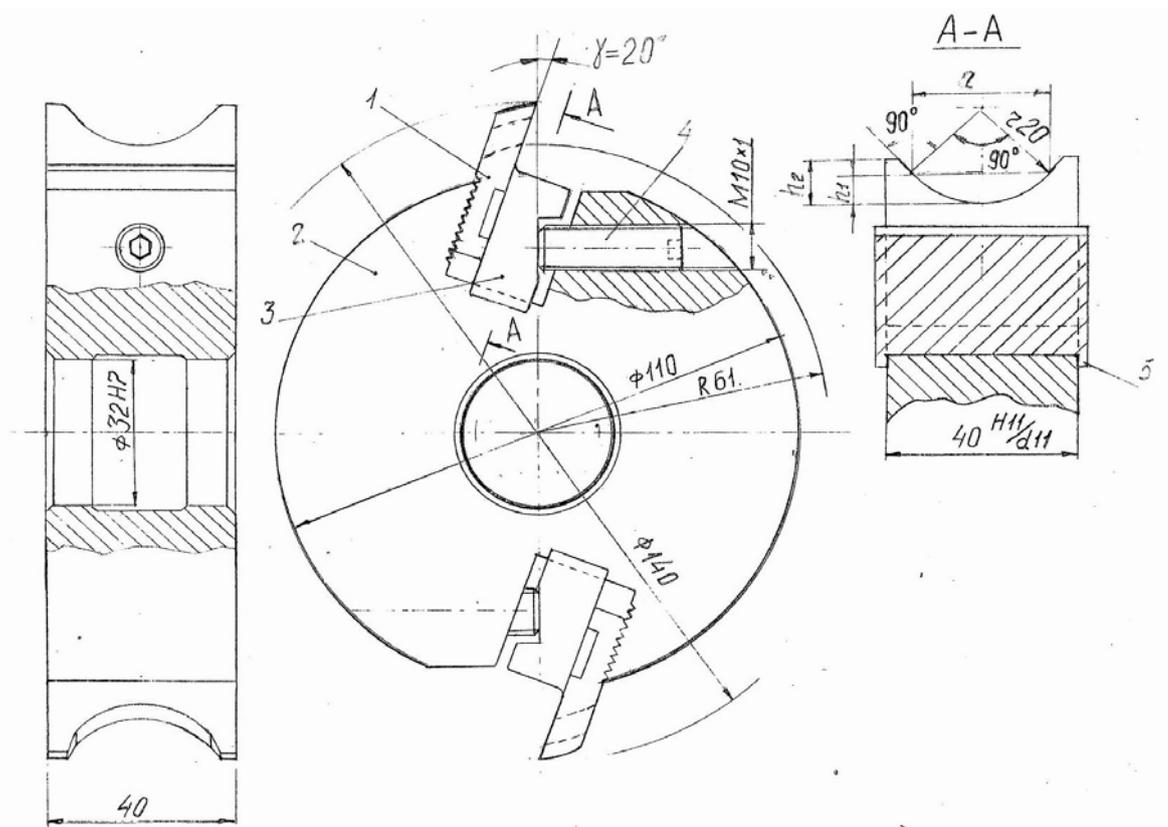


Рис. 2. Общий вид сборной фрезы для формирования цилиндрической поверхности

Режущим элементом фрезы является нож 1, который за счет рифления на задней опорной поверхности надежно соединяется с аналогичным рифлением в пазу корпуса 2 фрезы и может поднастраиваться как по диаметру резания фрезы, так и по ее ширине.

Крепление ножа осуществляется за счет давления со стороны призматической планки 3 в которую упирается крепежный винт 4. Для исключения осевого смещения призматической планки 3 по ее бокам имеются небольшие выступы 5.

В процессе эксплуатации фрезы ее ножи периодически извлекаются из корпуса и затачиваются парными комплектами на универсальных заточных станках по передней грани. Ресурс использования ножа рассчитывается исходя из уменьшения начальной толщины ножа с 7...8 мм до 3...4 мм.

Отличительная особенность данной сборной фрезы состоит в технологии профилирования режущей кромки ножа. В начале ножи 1, будучи установленными в корпус фрезы 2, профилируются на универсальном токарном станке в соответствии с основными размерами профиля фрезы h_1 , h_2 и a (рис. 2.).

h_1 - высота профиля фрезы в плоскости передней грани, зависящая от высоты профиля детали h_0 и переднего угла резания γ .

h_2 - полная высота профиля фрезы с учетом припуска по высоте для боковых кромок лезвия, который конструктивно можно принять в пределах 3...4 мм.

a - длина основания сегмента профиля фрезы (рис. 2.).

Задний угол фрезы $\alpha = 10^0 \dots 12^0$ формируется шлифовальным кругом на шлифовально-затыловочном станке.

В результате оформления задней грани фрезы по архимедовой спирали ее угловые параметры и профиль режущей кромки остаются практически неизменными.

С целью облегчения изготовления шаблона для контроля профиля зуба фрезы в плоскости передней грани авторами предлагается следующая эмпирическая формула

$$h_{\phi} = f(h_{\delta}, \gamma)$$

$$h_{\phi} = 0,498h_{\delta}\gamma^{0,25}, \quad (1)$$

где h_{ϕ} – высота профиля фрезы в плоскости передней грани, мм;

h_{δ} – высота исходного профиля детали не более 10...11 мм;

γ – передний угол резания в диапазоне $20^{\circ} \dots 30^{\circ}$.

Погрешность определения h_{ϕ} по эмпирической формуле (1) в сравнении с аналитическими расчетами не превышает 2 %.

Пример решения практической задачи.

Условие: в процессе продольного фрезерования формируется цилиндрическая поверхность с радиусом кривизны по сечению $R_{\delta} = 20$ мм, длина дуги контакта лезвия фрезы с обрабатываемым материалом $2\pi R/4$.

Требуется спроектировать фрезу с углами резания $\alpha = 12^{\circ}$, $\gamma = 20^{\circ}$, для которой необходимо рассчитать максимальную высоту профиля в плоскости передней грани.

Решение:

1. Основные технические параметры фрезы примем в соответствии с рис. 2., откуда следует, что минимальный радиус резания можно принять

$$R_{\phi \min} = 61 \text{ мм.}$$

Тогда

$$R_{\phi \max} = R_{\phi \min} + h_{\delta},$$

где h_{δ} – высота сегмента обрабатываемого профиля детали,

$$h_{\delta} = R_{\delta} - R_{\delta} \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,293R_{\delta}.$$

Так как радиус кривизны сечения детали $R_{\delta} = 20$ мм, то $h_{\delta} = 5,86$ мм.

Отсюда $R_{\phi \max} = 66,86$ мм.

2. Ширина сегмента радиусного участка фрезы

$$a = R_{\delta} \sqrt{2} \approx 28,28 \text{ мм}$$

3. Высоту профиля фрезы в плоскости передней грани находим из формулы

$$h_1 = \frac{l_1 - l_2}{2}, \quad (2)$$

где l_1 – длина хорды, пересекающая окружность с радиусом $R_{\phi \max}$ в плоскости передней грани;

l_2 – длина хорды, пересекающая окружность с радиусом $R_{\phi \min}$ в плоскости передней грани.

3.1. Длина хорды

$$l_1 = 2R_{\phi \max} \cos \gamma = 125,563 \text{ мм,}$$

где γ – передний угол зуба фрезы, град.

3.2. Длина хорды, мм

$$\begin{aligned} l_2 &= 2\sqrt{(R_{\phi \min} - R_{\phi \max} \sin \gamma)(R_{\phi \min} + R_{\phi \max} \sin \gamma)} = \\ &= 2\sqrt{(61 - 66,86 \cdot 0,342)(61 + 66,86 \cdot 0,342)} = 113,104. \end{aligned}$$

Отсюда искомая высота профиля фрезы

$$h_1 = \frac{125,563 - 113,104}{2} = 6,229 \text{ мм.}$$

По формуле (1) высота профиля фрезы

$$h_1 = 0,498 \cdot h_0 \gamma^{0,25} = 0,498 \cdot 5,86 \cdot 20^{0,25} = 6,171 \text{ мм.}$$

Относительная погрешность при определении высоты профиля по эмпирической формуле в данном случае составила 0,93 %.

В.В. Углов, А.К. Кулешов, Д.П. Русальский

БГУ, Минск, РБ

В.В. Чаевский, А.А. Гришкевич

БГТУ, Минск, РБ

uglov@bsu.by

**ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
С ПОМОЩЬЮ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
(WEAR-RESISTANCE ENHANCEMENT OF HARD-ALLOY
WOOD-WORKING TOOL BY CHEMICOTHERMAL TREATMENT)**

Промышленные испытания модифицированного сульфатированием инструмента из сплава ВК3 показали повышение периода его стойкости (20 %) при фрезеровании ламинированных древесностружечных плит. При сульфатировании на поверхности сплава формируется слой, обогащенный серой и углеродом.

By means of chemicothermal treatment of WC3 grade wood-working tool when cutting laminated wood chip plate materials the enhancement of tools wear-resistance by 20 % was obtained. The surface layer with high contents of carbon and sulfur was formed by chemicothermal treatment.

В настоящее время в Республике Беларусь из-за расширения ассортимента обрабатываемых материалов на основе древесины (слоистые ламинаты, ДСтП, ЦСП), интенсификации работы серийного оборудования назрела необходимость в разработке недорогих эффективных технологий, направленных на увеличение стойкости и долговечности твердосплавного деревообрабатывающего инструмента.

Современные исследования [1-3] показали, что химические механизмы износа при деревообработке, такие как коррозия и окисление, играют значительную роль в разрушении режущей кромки твердосплавного инструмента. По мере роста температуры в режущем контакте инструмента продукты дерева разлагаются во множество химических соединений (до 213). Машинная обработка средней плотности ДВП и ДСП, ламината производит дополнительно к соединениям распада древесины формальдегид, восковые и клеевые наполнители. Формирующиеся при резании химически активные продукты распада взаимодействуют с кобальтом, инициируя процесс выкрашивания зерен карбидов сплава, происходят окислительные процессы в зернах карбидов и кобальтовой связке. В результате режущая кромка быстро теряет свою остроту и режущую способность.

Для снижения износа, инициируемого химическим взаимодействием, в данной работе исследовалось влияние химико-термической обработки на свойства твердосплавного деревообрабатывающего инструмента с целью формирования поверхностных слоев, обладающих высокими антифрикционными свойствами и содержащих адсорбционно активные к фазовым составляющим сплава атомы. Объектами исследования в данной работе являлись образцы режущих пластин из твердого сплава Т15К6 и из твердого сплава марки «ФАВА» (Германия), имеющего отечественный аналог типа ВК3, фрезерного инструмента, подвергшиеся химико-термической обработке (ХТО) в порошке тиомочевины (сульфацианирование) ($\text{NH}_2\text{-CS-NH}_2$) в течение 6 часов при постоянной температуре.

Образцы твердого сплава Т15К6 после воздействия ХТО были исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии. На рис. 1 и 2 представлены фотографии поверхности и интенсивность характеристического рентгеновского излучения элементов при сканировании по поверхности образца сплава Т15К6 без обработки и после ХТО соответственно.

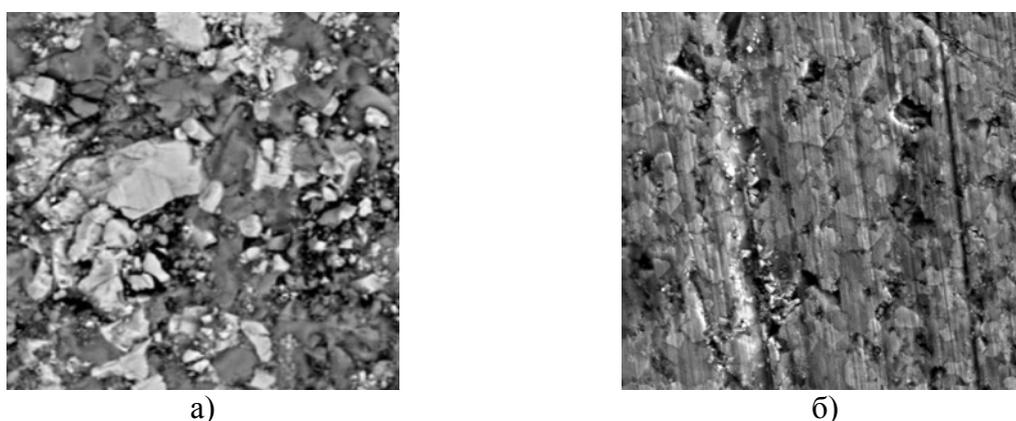


Рис. 1. СЭМ-фотографии микроструктуры поверхности образца сплава без обработки (а), после ХТО (б)

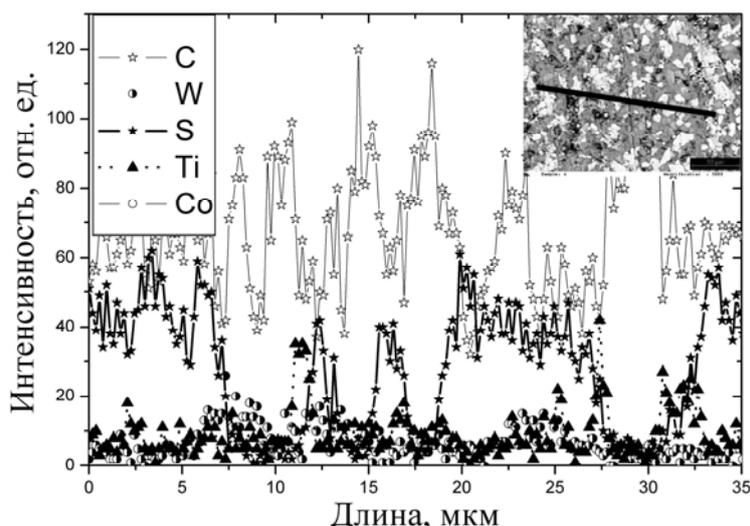


Рис. 2. Интенсивность характеристического рентгеновского излучения элементов (W, S, Ti, Co) с поверхности сплава Т15К6 после ХТО при сканировании вдоль линии (изображена на вставке)

Микроструктура поверхности сплава (рис. 1, 2) представляет собой смесь частиц карбидов вольфрама (ограниченные светлые включения) и титана (серые включения), которые скреплены распределенной по границам карбидов кобальтовой связкой (темно-серые изломанные линии и включения). Изменение вида картины СЭМ (рис. 1) после ХТО означает формирование на поверхности пленки из более легких элементов, чем элементы, из которых состоит исходный сплав. Кроме того, как видно из результатов рентгеновского энергодисперсионного анализа, представленного на рис. 2, на поверхности образца присутствует сера. Количественный анализ этих данных (с использованием эталонов) показал значение в 3-4 атомные доли усредненной концентрации серы для слоя 3-4 мкм. Толщина слоя соответствует количественной оценке средней глубины проникновения электронов в сплав. В состав тиомочевины помимо серы также входят азот и углерод. При нагреве и разложении тиомочевины эти элементы также могут проникать в обрабатываемый материал по границам карбидных зерен и порам при воздействии ХТО. Однако ввиду того, что линия характеристического излучения азота совпадают с титаном, а углерод присутствует в твердом сплаве изначально, выделить эти внедренные при ХТО элементы не представилось возможным.

Для исследования распределения элементов в сплаве по глубине в результате воздействия ХТО были сделаны поперечные шлифы образцов сплава и проведены исследования распределения интенсивности характеристического рентгеновского излучения элементов (C, O, W, S, Ti, Co) по поверхности поперечного шлифа сплава. Фотографии поперечного сечения и интенсивность характеристического рентгеновского излучения указанных элементов при сканировании по поперечному шлифу образца сплава Т15К6 после ХТО представлены на рис. 3 и 4 соответственно.

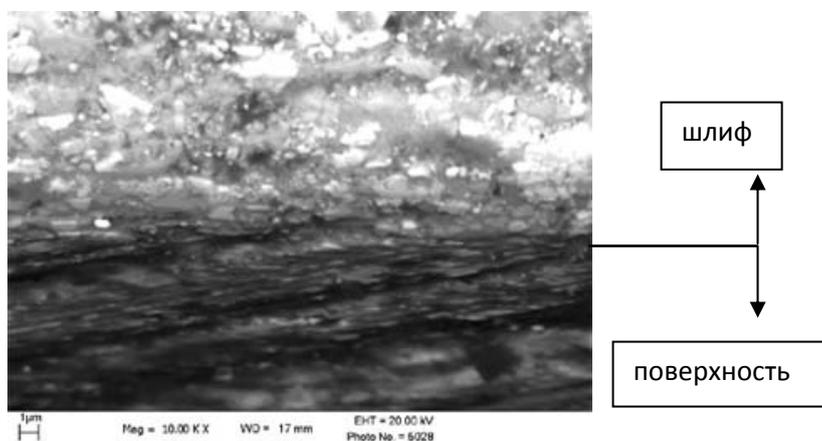


Рис. 3. СЭМ-фотография поперечного шлифа образца сплава Т15К6 после ХТО

Из рис. 4 видно, что на поверхности образца сера распределена неравномерно. На поверхности образца наблюдается увеличенное содержание серы и углерода, т.е. в результате ХТО на поверхности образца образуется пленка с повышенным содержанием серы, углерода толщиной порядка 0,5 мкм. Кроме того, в глубине образца твердого сплава (1 - 2 мкм) также наблюдается неравномерное увеличенное распределение серы, превышающее фон на тех глубинах, где содержание кобальта наиболее значительно по отношению к вольфраму и титану. Это свидетельствует о проникновении серы в глубь сплава по границам карбидов, где располагается кобальт.

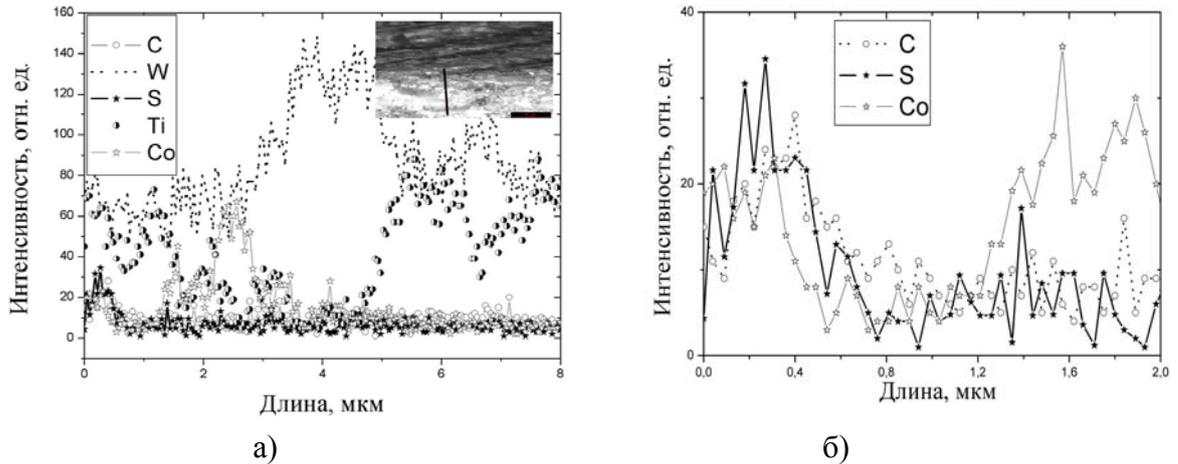


Рис. 4. Интенсивность характеристического рентгеновского излучения элементов (C, O, W, S, Ti, Co) с поверхности поперечного шлифа сплава Т15К6 после ХТО при сканировании вдоль линии (изображена на вставке). Рисунок (б) является увеличенной областью 0...2 мкм из рисунка (а)

Для установления влияния химико-термической обработки твердого сплава на его стойкость при резании деревосодержащих материалов были проведены промышленные испытания модифицированных режущих пластин из сплава ВК3 на предприятии ЧПУП «БЕЛДАРМЕБЕЛЬ». Испытания проводили фрезерованием древесностружечных двусторонне ламинированных плит толщиной 16 мм на фрезере Makita 3612С с двумя режущими ножами из сплава ВК3. Результаты испытания показали повышение эксплуатационной стойкости режущих пластин на 20 % (рис. 5).

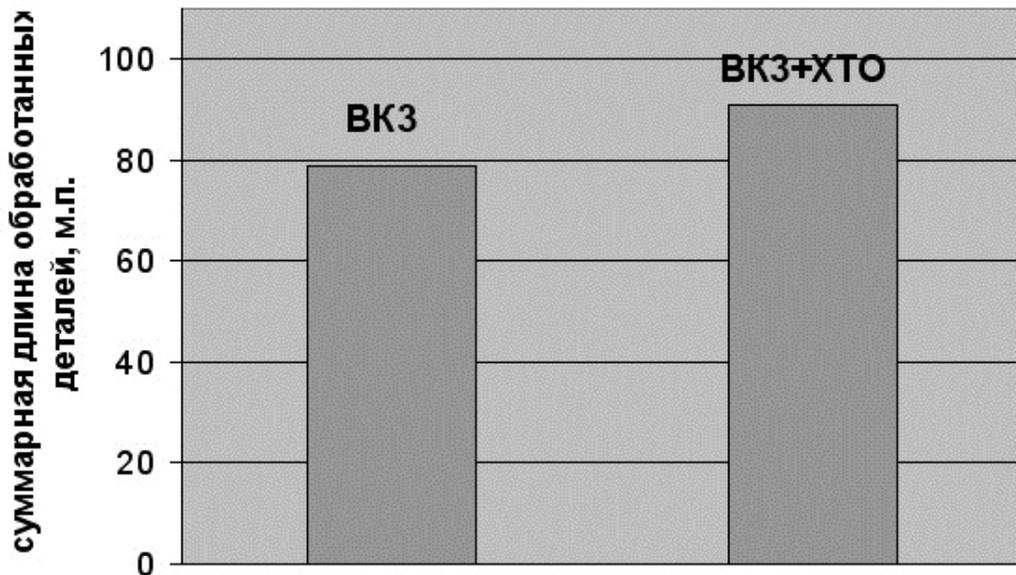


Рис. 5. Эксплуатационная стойкость исходных и обработанных режущих пластин из сплава ВК3

Выводы

1 Длительное сульфатирование твердого сплава Т15К6 в порошке тиомочевинины позволяет формировать на его поверхности покрытие с повышенным содержанием серы, углерода толщиной 0,5 мкм. Атомы серы проникают в сплав на глубину до 2 мкм, располагаясь по границам карбидных зерен сплава.

2 Промышленные испытания модифицированного сульфатированием инструмента с двумя режущими ножами из сплава ВК3 показали повышение периода его стойкости (20 %) при фрезеровании ламинированных древесностружечных плит толщиной 16 мм на станке Makita 3612С.

Библиографический список

1. Aronson R. Современные материалы в машиностроении: их особенности и область применения // Manufacturing Engineering. V. 127. № 3, 2002.
2. Рыжкин А.А и др. Трибохимический аспект влияния износостойких покрытий на износ при резании / Рыжкин А.А., Зотов В.В., Глоба Д.П., Висторопская Ф.А. // Вестник Донского государственного технического университета. Т. 10. № 6., 2010.
3. United States Patent, 6241799, Corrosion resistant cemented carbide – June 5, 2001.

М.А. Хвиюзов, А.Н. Галашев
С(А)ФУ, Архангельск, РФ
mik5512@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПИРОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ НАГРЕВА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА КРУГЛОПИЛЬНОГО СТАНКА (THE USE OF PYROMETRIC METHOD OF HEATING CONTROL OF THE CUTTING TOOL CIRCULAR SAW MACHINE)

Рассматриваются общие принципы и особенности применения пирометрического метода при измерении температуры круглой пилы для продольной распиловки.

Discusses general principles and features of application of pyrometric method for measuring the temperature of a circular saw blades for longitudinal sawing.

Во многих технологических процессах температура является контролируемым параметром, для этого используются различные температурные датчики и устройства. Известно, что тип средства и способ измерения определяются исходя из свойств объекта измерения. Конструкция и сущность работы режущего инструмента в реальном процессе пиления круглопильного станка не позволяют определять нагрев контактным способом. В связи с этим предполагается логичным применение пирометрического метода [1], основанного на применении инфракрасного термометра (пирометра), позволяющего измерять температуру поверхности удаленных и движущихся тел.

Но оказалось, что при использовании пирометра в качестве средства измерения следует учитывать две группы факторов, влияющих на результаты измерений. Первая группа факторов определяется устройством и принципом действия средства измерения.

Вторая группа факторов учитывает конструкцию и условия функционирования объекта измерения, в данном случае круглой пилы для продольной распиловки.

Первая группа. Дело в том, что инфракрасные пирометры измеряют энергетическую яркость части инфракрасного излучения и с последующим пересчетом дают значение температуры. Пересчет в температуру выполняется с учетом коэффициента теплового излучения (КТИ), который в свою очередь зависит от состава материала, свойств поверхности и температуры объекта измерения. Нестабильность КТИ приводит к значительным отклонениям между действительной температурой поверхности объекта и показываемой пирометром. Так оказалось, что при нагреве от 25 до 100 °С пилы «Paritet» 350×2,8×36 из стали фирмы Thyssen Krupp 80CrV2 отклонения показываемой температуры пирометра марки «CONDTRON IR-T2» увеличивались от 4 до 55 %. Чтобы установить соответствие значений температуры необходимо проводить калибровку пирометра [2] под материал объекта в планируемом диапазоне измерений. В течение всего срока пирометрического измерения необходимо проводить периодические проверки установленных корректировок, так как состояние корпуса пилы может изменяться (цвет, шероховатость, наличие смолы и т.п.)

Другим фактором этой группы является то, что пирометром определяется средняя температура по площади пятна (зоны) сканирования. Площадь зоны зависит от показателя визирования и от расположения оси излучателя относительно поверхности объекта. В случае расположения оси луча по нормали к плоскости измерения пятно имеет форму круга диаметром, равным отношению удаления пирометра к показателю визирования, чем дальше пирометр от поверхности, тем больше площадь зоны сканирования. Если ось луча сканирования располагается под углом к поверхности измерения, зона принимает форму эллипса, со всеми вытекающими последствиями.

Вторая группа. Принимаем во внимание, что скорость вращения пилы намного превосходит скорость измерения, следовательно, измеряем среднюю температуру кольца шириной, равной диаметру зоны сканирования.

Нагрев пильного диска в процессе пиления имеет неравномерный и осесимметричный характер расположения [3, 4]. Максимальное значение температуры при установившемся режиме резания находится в периферийной зоне, минимальное (практически равное значению температуры воздуха) на радиусе зажимных фланцев пилы. Это является условием положительного температурного перепада [5]. Практический интерес представляет установление значения температуры максимально нагретой кольцевой периферийной зоны, наружная граница которой совпадает с окружностью оснований зубьев пилы. Зона сканирования пирометра тогда должна находиться максимально близко к этой окружности, и не при каких обстоятельствах (вибрация станка, удары и т.д.) не должна выходить в кольцо межзубовых впадин.

Возможны случаи, когда пила трется о стенки пропила или опилок задерживается в пропилах, тогда температура средней части пильного диска превышает температуру периферийной зоны диска, т. е. возникает отрицательный температурный перепад. Для контроля отрицательного температурного перепада потребуется установка дополнительного пирометра.

Эффективность применения пирометров зависит от диаметра и количества пил, устанавливаемых на пильном валу. Чем больше диаметр пилы, тем лучше условия для размещения пирометра. Пирометрический контроль затрудняется при увеличении количества пил, в многопильных установках возможен только для крайних.

Рабочее расположение пирометра оказывает влияние на точность результатов измерения. Очевидно, что пирометр следует размещать на противоположной стороне от пропила, в месте минимальной концентрации опилок и пыли.

По мнению авторов, возможность применения пирометров для контроля температуры пил, в корпусе которых имеются вырезы и отверстия различного назначения, а так же в станках с охлаждением водой, вызывает сомнения.

На основании вышеизложенного следует, что решение об использовании пирометрического измерения температуры пильных дисков в процессе работы должно приниматься с учетом всех факторов, влияющих на результаты измерения.

Если условия измерения позволяют эффективно использовать пирометры для определения температуры нагрева пил, т. е. температура становится контролируемым параметром состояния объекта, то можно косвенно характеризовать работоспособность пильного диска и прогнозировать его состояние.

Работоспособность пилы будет определяться условием

$$\Delta T \leq \Delta T_{\text{доп}},$$

т. е. значение текущего температурного перепада ΔT , определяемого как разность значений температуры кольцевых зон пильного диска, не будет превышать допустимого значения [6]. В противном случае произойдет отказ.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 53698-2009. Контроль неразрушающий. Методы тепловые. Термины и определения. Введ. 01.01.2011. М.: Стандартинформ, 2010. 12 с.

2. Сергеев С.С. Компенсация методической погрешности измерения температуры при ИК-контроле // Промышленная экология. Режим доступа: <http://www.alfar.ru/smart/3/953/>. Дата обращения: 08.02.2012.

3. Пашков, В.К. Обеспечение работоспособности круглых пил при пилении древесины: автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра техн. наук. Санкт-Петербург: РИО СПбЛТА, 1998. 36 с.

4. Санев В.И. Обработка древесины круглыми пилами. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 232 с.

5. Стахийев Ю.М. Работоспособность круглых пил. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 384 с.

6. Стахийев Ю.М., Пашков В.К. Руководящие технические материалы по определению режимов пиления древесины круглыми пилами. Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. 74 с.

Л.А. Шабалин, А.В. Старицын

УГЛТУ, Екатеринбург, РФ

С.А. Старцев

НПП «Старт», Екатеринбург, РФ

dm@usfeu.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА МАШИНЫ ЛЕСНОЙ ОХРАНЫ (MODERNIZATION OF THE MECHANISM FOR TURNING MACHINES FOREST PROTECTION)

Предложен рабочий вариант модернизированного механизма поворота платформы меньшей массы и трудоемкости изготовления, с меньшим усилием на рукоятке оператора.

Modernized platform turning mechanism featured light weight, labour capacity, and reduced force to operator's handle is offered.

Научно-производственное предприятие (НПП) «Старт» (Екатеринбург) выпускает многоцелевую мобильную машину «АРАГВИ», которая может применяться и службами для охраны лесов. Машина включает в себя автомобильный тягач и прицеп. В кузове тягача размещены электростанция, оболочка дирижабля и различное вспомогательное оборудование. На прицепе, состоящем из шасси на пневмоходу, установлена поворотная платформа, на которой в транспортном положении размещены кабина оператора, лебедка подъема-опускания дирижабля, стрела-балка с ложементами для баллонов сжатого газа, причальная мачта.

В период заполнения газом дирижабля: причальная мачта занимает вертикальное положение; платформа относительно шасси поворачивается в положение «по ветру»; а стрела-балка опускается на грунт в рабочее положение (рис. 1).

Для поворота платформы установлен многофункциональный привод (рис. 2), работающий от гидродвигателя либо от ручной рукоятки - при отсутствии электроэнергии.

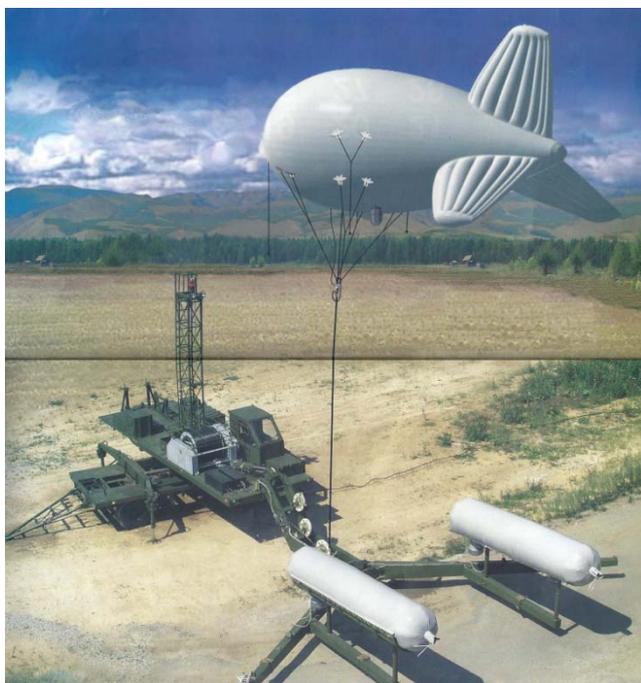


Рис. 1. Удерживающее устройство дирижабля

При включении гидродвигателя 1 вращение передается цилиндрической шестерне 2 через двухступенчатый цилиндрический редуктор 3 с вертикальными валами, одноступенчатый планетарный редуктор 4 типа 2К-н, на водиле которого закреплена консольно шестерня 2. Шестерня зацепляется колесом 5, закрепленным неподвижно на шасси прицепа.

При повороте платформы «вручную» вращение от рукоятки 6 передается цилиндрической шестерне 2 через закрытую коническую передачу 7 и планетарный редуктор 4.

Для свободной установки стрелы-балки «по ветру» между двухступенчатым цилиндрическим редуктором и шестерней 2, предусмотрена разъединительная муфта 8 с ручным управлением 9.

Для затормаживания поворотной платформы установлен постоянно замкнутый дисковый тормоз 10.

Передаточные числа: двухступенчатого цилиндрического редуктора – 12,57; конической передачи – 3,89; планетарного редуктора – 7,09; открытой цилиндрической передачи – 15,5; от гидродвигателя до цилиндрической шестерни – 89,8; от рукоятки до цилиндрической шестерни – 27,58; от гидродвигателя до неподвижного колеса – 1381,5; от рукоятки до неподвижного колеса – 427,49.

Многолетним опытом эксплуатации машины «АРАГВИ» установлена надежная работа всех ее механизмов, в том числе и привода поворотной платформы. Однако конструктивный анализ этого механизма показывает, что он выполнен по нерациональной – развернутой схеме, имеет повышенные габариты и массу, лишние кинематические звенья. Кроме того, усилие оператора на рукоятке превышает санитарно-установленные нормы.

Нами, в рамках технического проекта, для поворота платформы разработан привод, выполненный по осевой схеме (рис. 3), состоящий из гидродвигателя 1, планетарного редуктора 2 типа ЗК-н с передаточным числом 93,2, открытой цилиндрической передачи 3 с передаточным числом 15,5. Передаточное число конической передачи 4 уменьшено до 1. Передаточное число от гидродвигателя до неподвижной платформы осталось практически без изменения – 1444,6, а передаточное число от рукоятки до неподвижного колеса увеличено в 3,72 раза и примерно во столько же раз уменьшено усилие на рукоятке оператора.

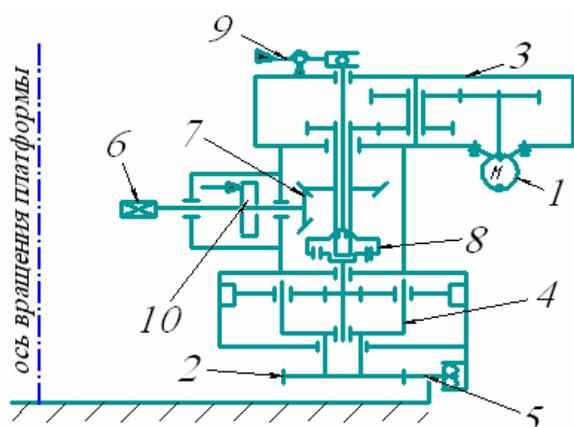


Рис. 2. Схема привода

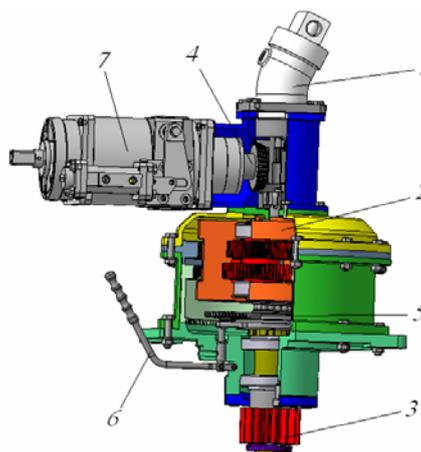


Рис 3. Предлагаемый привод

Разъединительная зубчатая муфта 5 в предлагаемом варианте привода установлена между шестерней 3 и планетарным редуктором 2. Управление муфтой, как и в базовом варианте, ручное с помощью рукоятки 6.

Благодаря осевой схеме удалось исключить двухступенчатый цилиндрический редуктор. Уменьшились размеры и дискового тормоза 5, у которого вместо восьми тормозных дисков установлено четыре. Усилие на рукоятке оператора не превышает санитарно-допустимых норм. Масса агрегата от гидродвигателя до цилиндрической шестерни уменьшилась примерно на 20%, значительно снизилась и его трудоемкость изготовления.

Проект был рассмотрен на техническом совете КБ НПП «Старт» и рекомендован для рабочего проектирования.

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИИ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

Е.В. Потанова
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
potapova1964@bk.ru

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ (ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC RISKS)

Эколого-экономический риск представлен как вероятностная мера негативных изменений (ущербов) в экосистеме, обусловленных хозяйственной деятельностью человека или развитием опасных природных процессов и вызывающих возможные потери за определенное время.

Ecological and economic risk - is a probability measure of negative changes (damage) in the ecosystem caused by human activities or the development of dangerous natural processes and causing loss of time.

Задачи улучшения состояния окружающей среды и обеспечения экологически устойчивого развития экономики влекут за собой расходы, которые можно разделить на две части: природоохранные затраты и экономический ущерб:

- природоохранные затраты - затраты на предупредительную охрану окружающей среды (разработка технологий, уменьшающих или устраняющих производство загрязняющих веществ, создание и эксплуатация очистных и обезвреживающих сооружений, организация санитарно-защитных зон, системы контроля и экологический мониторинг);

- экономический ущерб как денежная оценка величины затрат, необходимых для предотвращения последствий негативных изменений в окружающей природной среде в результате техногенных или природных воздействий или возмещения последствий таких изменений.

Оценка экономического ущерба от негативных воздействий на окружающую среду включает в себя различные методы оценки ущербов как от перманентных экологических нарушений, так и от случайных опасных явлений природного и техногенного характера, воздействие которых носит неопределенный однозначно характер.

При оценке ущерба от случайных негативных процессов экологическое нарушение рассматривается как некоторый вероятностный процесс, оцениваемый двумя вероятностными характеристиками: степенью опасности (интенсивности) процесса и степенью уязвимости объекта, подвергшегося воздействию неблагоприятного процесса.

Наличие неопределенности влияет на достоверность получаемых результатов и вытекающих из них выводов и решений, что может привести к непредсказуемым результатам. Поэтому выбор эффективных решений без учета нанесенного вреда, вызванного фактором неопределенности, во многих случаях приводит к потерям экономического содержания.

Процессы, которым присущи элементы неопределенности, вызывают появление ситуаций, не имеющих однозначных исходов. Если же существует возможность количественно и качественно определять степень вероятности того или иного варианта исхода, то это и будет ситуация риска.

Если риск рассматривать как вероятностную меру негативных изменений (ущербов) в экосистеме, обусловленных хозяйственной деятельностью человека или развитием опасных природных процессов и вызывающих возможные потери за определенное время, то необходимо принимать техногенные и природные процессы как источник опасности, а экосистемы как объект воздействия. В этом случае степень экологического риска следует рассматривать как вероятностную функцию двух переменных: степень опасности процессов, действующих на экосистему, и уязвимость данной экосистемы.

Если опасность негативного процесса рассматривать как интенсивность этого процесса, то степень опасности как вероятностная характеристика будет зависеть от вероятности возникновения опасного процесса и от интенсивности этого процесса.

Риск для исследуемой системы определяется как вероятность опасности негативного процесса и вероятность возможных потерь за определенное время при воздействии данного процесса:

$$R = P(H)P(X/H),$$

где H – интенсивность опасного процесса;

$P(H)$ – вероятность опасности;

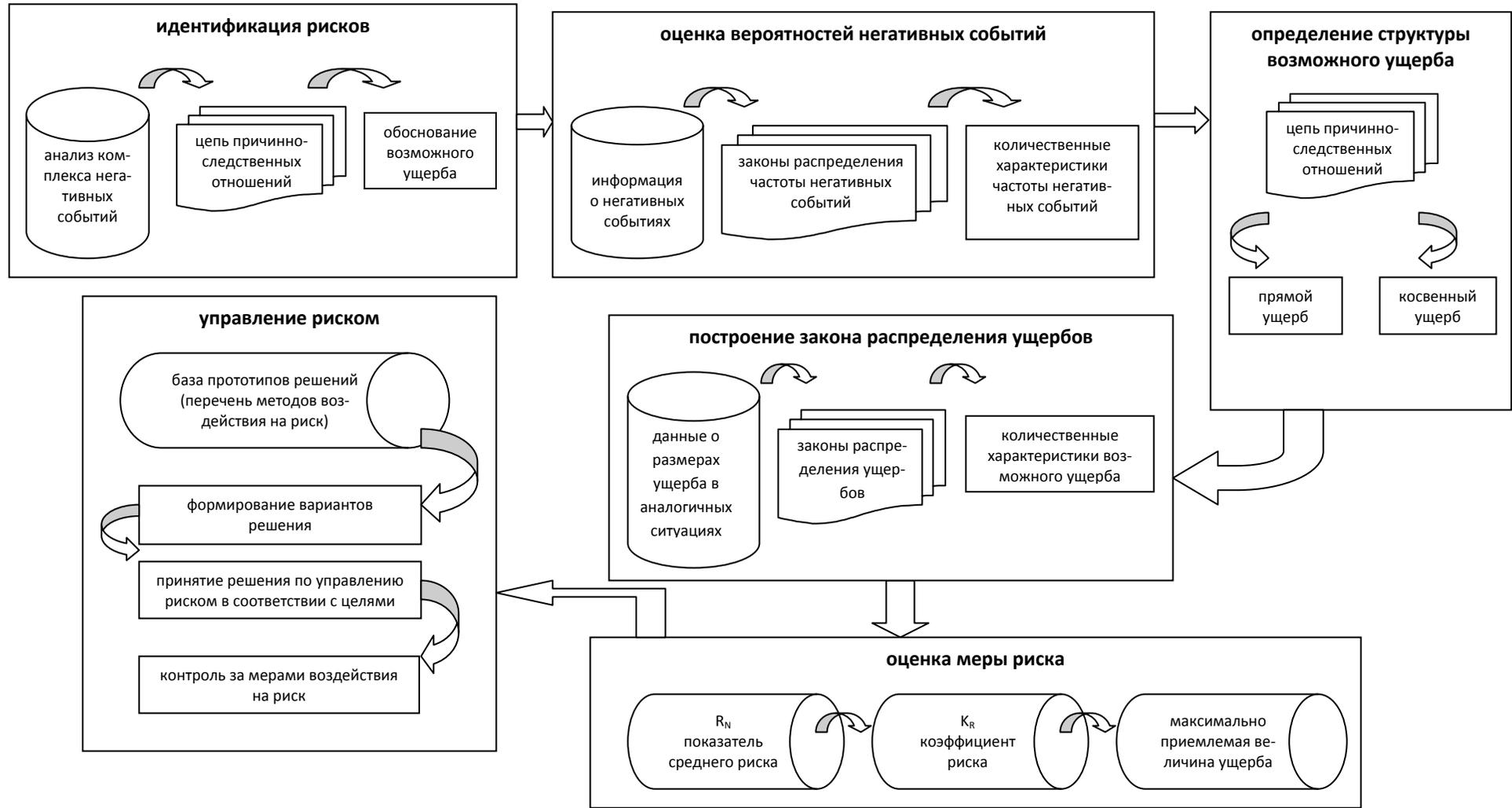
X – уязвимость системы (величина ущерба);

$P(X/H)$ – вероятность уязвимости системы при условии реализации интенсивности опасного процесса.

Если уязвимость системы рассматривать как величину возможного ущерба на множестве неблагоприятных событий, то вероятность опасности – это вероятность возникновения негативного явления, обуславливающего величину этого ущерба, а вероятность уязвимости – это вероятность нанесения определенного ущерба системе при возникновении исследуемого негативного явления.

При оценке эколого-экономического риска следует учитывать, что величина ущерба является случайной величиной, каждому значению которой соответствует вероятность проявления неблагоприятного события с экологическими последствиями. Частота появления размеров нанесенного ущерба отражается в законе распределения вероятностей ущерба и его количественных характеристиках. Представляя риск как вероятностную меру негативных изменений в исследуемой системе, можно перейти к трактовке количественной меры риска как математического ожидания ущерба, определенного на множестве возможных неблагоприятных событий. Риск как вероятность проявления неблагоприятного события характеризуется размером наносимого ущерба вследствие этого события и оценивается по степени отклонения состояния (качества) системы от ее «эталонных значений». Эти отклонения рассматриваются как экологические нарушения.

Оценка характеристик риска, вызванного экологическими нарушениями, и выявление мероприятий по сокращению уровня риска осуществляются поэтапно в риск-анализе, содержание этапов которого описывается блок-схемой, представленной на рисунке.



Этапы риск-анализа

Е.В. Потанова
 УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
potapova1964@bk.ru

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ
 ВЕРОЯТНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ СОБЫТИЙ
 В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ**
 (MATHEMATICAL APPROACH TO THE ASSESSMENT OF THE
 PROBABILITY OF NEGATIVE EVENTS IN THE ENVIRONMENT)

Рассмотрен круг явлений, при исследовании которых чаще всего имеют дело не с явлениями окружающего мира непосредственно, а с их математическими моделями, в которых должны быть правильно переданы существенные стороны изучаемого явления.

Range of phenomena in the study are most likely not have to deal with the phenomena of the world directly, and their mathematical models, which should be properly transferred to the essential aspects of the phenomenon.

Неоднозначность исхода при сохранении основных условий процесса наблюдается для широкого круга явлений, при исследовании которых чаще всего имеют дело не с явлениями окружающего мира непосредственно, а с их математическими моделями, в которых должны быть правильно переданы существенные стороны изучаемого явления.

При описании исследуемого явления необходимо формализовать эти описания, формируя вероятностное пространство, включающее в себя пространство элементарных событий, класс (или множество) событий и определенную на этом множестве вероятность событий (рис. 1).

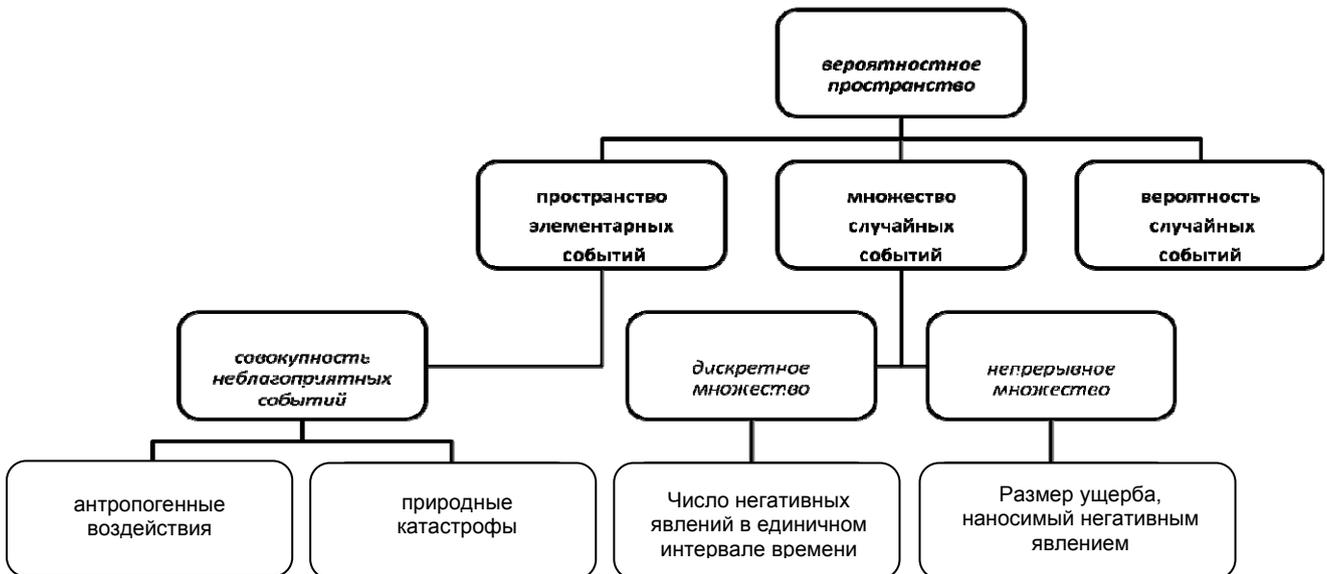


Рис. 1. Схема вероятностного пространства

Пространство элементарных событий – совокупность всех возможных неблагоприятных событий, способных нанести некоторую степень ущерба исследуемому объекту и когда-либо оказывающих негативное воздействие на этот объект. При рассмотрении процесса нанесения ущерба лесным экосистемам совокупность всех неблагоприятных событий делится на техногенные воздействия (выбросы в атмосферу воздуха, сбросы сточных вод, загрязнение почвы и рубка леса) и природные катастрофы (пожары, ветровалы, повреждение лесов насекомыми-вредителями).

Определяя множество (класс) событий, необходимо учитывать, какого типа случайные величины рассматриваются в данном вероятностном пространстве: дискретная случайная величина или непрерывная случайная величина. Основываясь на понятиях дискретного множества (счетного множества) и дискретной случайной величины, представим множество неблагоприятных событий как дискретное множество, элементами которого являются различные негативные явления, проявляющиеся в некотором единичном интервале времени. Размер ущерба, наносимый исследуемому объекту, представляет собой непрерывную случайную величину, принимающую любое значение в одном или большем числе интервалов времени. Множество ущербов, наносимых объекту исследуемым негативным явлением, представляем как непрерывное множество случайных величин. Каждой случайной величине соответствует некоторое распределение, описывающее вероятностное поведение рассматриваемой системы. Распределение задает вес каждого значения случайной величины на основании вероятностного содержания множества событий [1].

Выбор распределения должен базироваться на понимании механизма изучаемого явления, так как неудачный выбор распределения, сделанный без достаточно глубокого понимания изучаемого явления, может привести к очень большим ошибкам [2].

Алгоритм выбора распределения случайной величины:

- используя методы математической статистики, по результатам наблюдений находят модель, приемлемую для описания этих наблюдений и оценки ее параметров;
- на основе принятой статистической модели рассматривают вероятности проявления различных событий, что можно использовать для прогнозирования характеристик системы.

Обычно распределение определяется одной или большим числом постоянных, называемых параметрами, которые характеризуют центр распределения, масштаб и форму кривой распределения. Параметры распределения необходимо определять на основе имеющихся экспериментальных данных.

Наиболее известной характеристикой центра распределения является математическое ожидание, часто называемое арифметическим средним, вычисляемое следующим образом:

$$\mu = \sum_{i=1}^n x_i / n,$$

где μ – математическое ожидание;
 x_i – значения результатов наблюдений;
 n – число наблюдений.

Кроме центра распределения необходимо описать рассеяние, симметрию и остовершинность распределения, которые играют важную роль при подборе распределений.

Показатель рассеивания называют дисперсией. Среднее квадратическое отклонение оценивает дисперсию $D = \sigma$:

$$\sigma = (n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2)^{1/2} / n(n-1),$$

где D – дисперсия;

σ – среднее квадратическое отклонение.

Для нахождения третьего параметра, описывающего симметрию распределения, целесообразно использовать выражение

$$b_1 = \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^3 / n,$$

где b_1 – параметр симметрии распределения.

Параметр островершинности, называемый эксцессом, определяется по формуле

$$b_2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^4 / n,$$

где b_2 – параметр островершинности распределения.

На рис. 2 показаны области в плоскости (b_1, b_2) для различных распределений. Путем нахождения выборочных оценок b_1 и b_2 и нанесения этой точки на данный рисунок анализируется, достаточно ли близко от точки, кривой или области, соответствующей одной из моделей, лежит эта точка. Если эта точка лежит близко к области одной из моделей, то это распределение может быть использовано для описания исследуемого процесса. После выбора распределения можно приступить к нахождению числовых характеристик этого распределения.

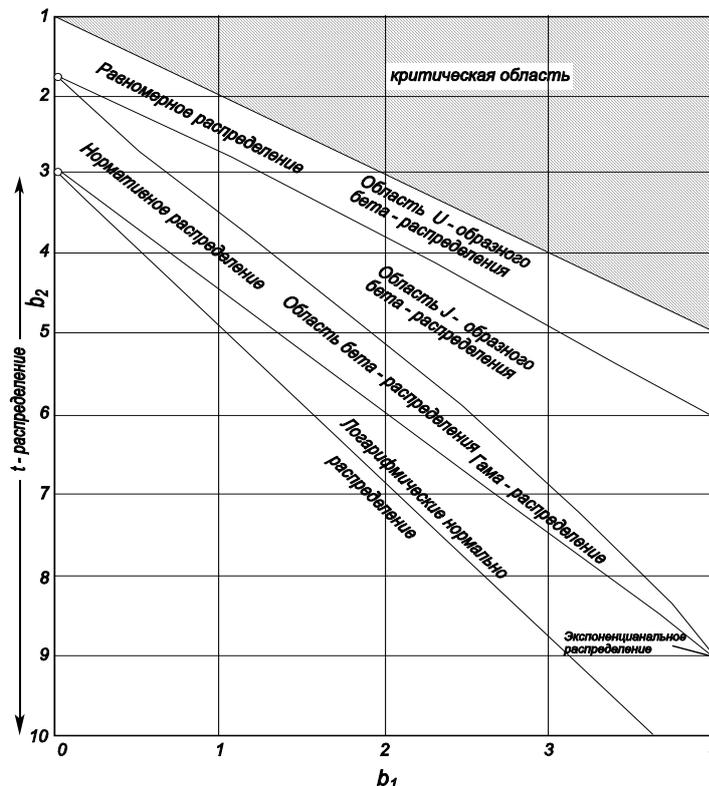


Рис. 2. Подбор распределения

Вероятность того, что ожидаемый результат случайной величины X будет находиться в допустимых пределах $(X^*; X^{**})$, определяется из формулы

$$P(X^* < X < X^{**}) = \int_{X^*}^{X^{**}} f(x) dx,$$

где $P(X^* < X < X^{**})$ – функция вероятности,
 X^* – левая граница ожидаемого результата,
 X^{**} – правая граница ожидаемого результата.

Полученную таким образом вероятность можно назвать вероятностью достижения ожидаемого результата (ожидаемого ущерба). Вероятность попадания случайной величины X за пределы допустимых границ (X^* ; X^{**}) оценивает неопределенность результата (неожидаемый ущерб) и определяется формулой

$$P(X) = 1 - P(X^* < X < X^{**}).$$

Библиографический список

1. Кремер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975.
2. Поздняков В.А. Экономика природопользования. М.: МПСИ, 2003.

Е.В. Потанова
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
potanova1964@bk.ru

**РИСК-АНАЛИЗ УЩЕРБА ЛЕСАМ ОТ ПОЖАРОВ
(RISK ANALYSIS OF DAMAGES FROM FOREST FIRES)**

Показано, что источником неопределенности при оценке ущерба лесам от пожаров является воздействующая среда или условия, способствующие возгоранию, причина возникновения пожара или источник возгорания, состояние самого объекта возгорания (лесного участка), а именно: степень защищенности участка от пожаров.

It is shown that source of uncertainty in the assessment of forest damage from the fires is the impact of the environment or conditions conducive to fire, the cause of the fire or ignition source, the state of the object fire (FMU), namely, the degree of protection from fire area.

При прогнозировании последствий воздействия негативного события (оценка потенциального ущерба) необходимо рассмотреть ряд вопросов по оценке характеристик риска, решение которых может позволить управлять объектами в условиях вероятности экономических потерь для возможного сокращения уровня риска. Упорядоченная последовательность решений таких вопросов представляет собой не что иное, как этапы риск-анализа [1].

При изучении каждого этапа риск-анализа следует помнить о наличии неопределенности, вызываемой неполнотой и неточностью информации. На основании изучения причины возникновения ситуации неопределенности при воздействии негативного события на окружающую среду (ОС) построена модель ситуации неопределенности при оценке ущерба лесам от пожаров (рис. 1).

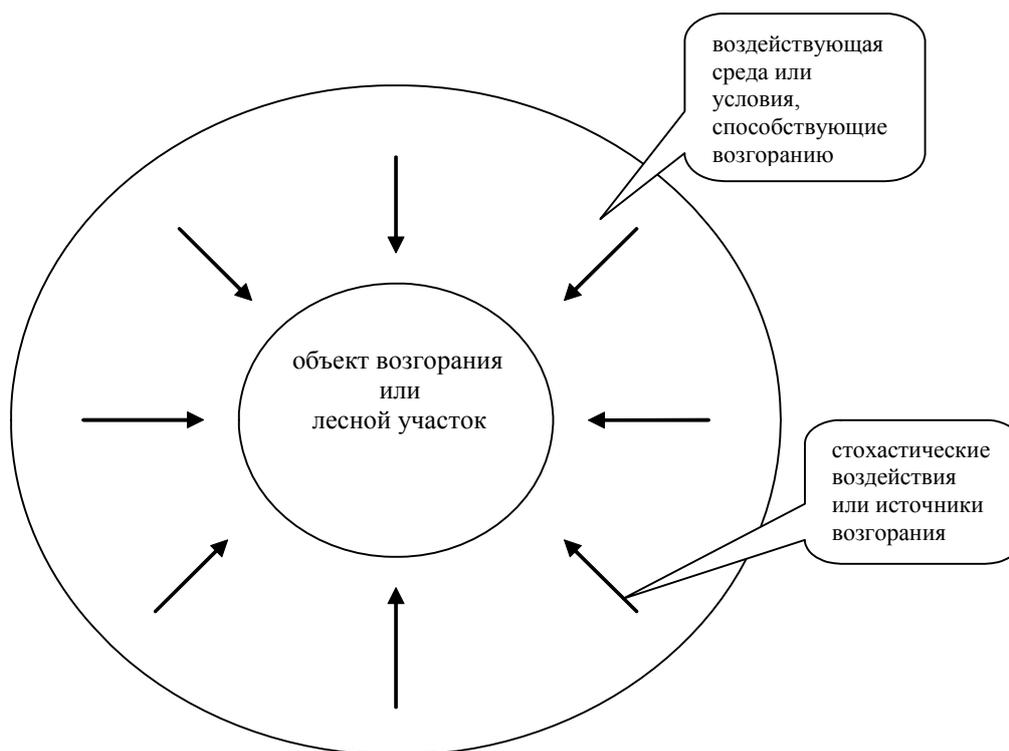


Рис. 1. Неопределенность при оценке ущерба лесам от пожаров

Источником неопределенности в данной ситуации является, во-первых, воздействующая среда или условия, способствующие возгоранию, во-вторых, причина возникновения пожара или источник возгорания, в-третьих, ситуацию неопределенности может вызывать состояние самого объекта возгорания (лесного участка), а именно: степень защищенности участка от пожаров.

Первым этапом риск-анализа является *идентификация риска*. Основная цель данного этапа – определение состава негативных событий, проявление которых реально, и выявление последовательности событий (причин), формирующих исследуемое негативное событие. Последовательность событий, обуславливающих возникновение лесных пожаров, рассмотрена на рис. 2.

Второй этап – *оценка вероятностей проявления негативного события*. Вероятность и закон распределения вероятностей проявления негативного события определяются на основе использования различных методов, выбор которых обусловлен информацией о данном событии:

- условия зарождения события;
- условия проявления события;
- количество событий в единичном интервале времени;
- сила исследуемого события.

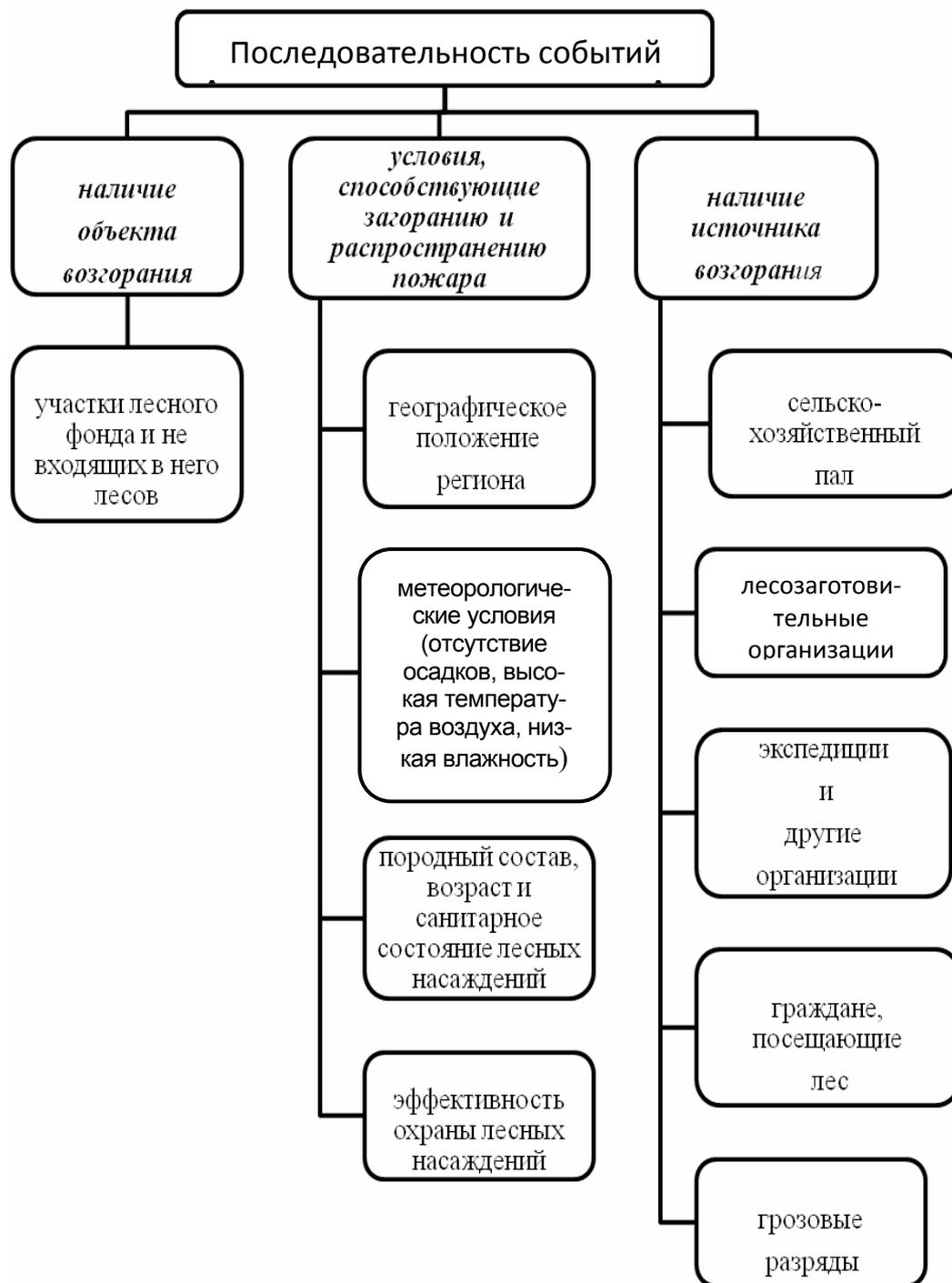


Рис. 2. Последовательность событий возникновения лесных пожаров

Третий этап (рис. 3) риск-анализа – *определение структуры возможного ущерба* как результата проявления неблагоприятного события. Первой задачей этапа является определение вида ущерба, нанесенного объекту негативным воздействием.

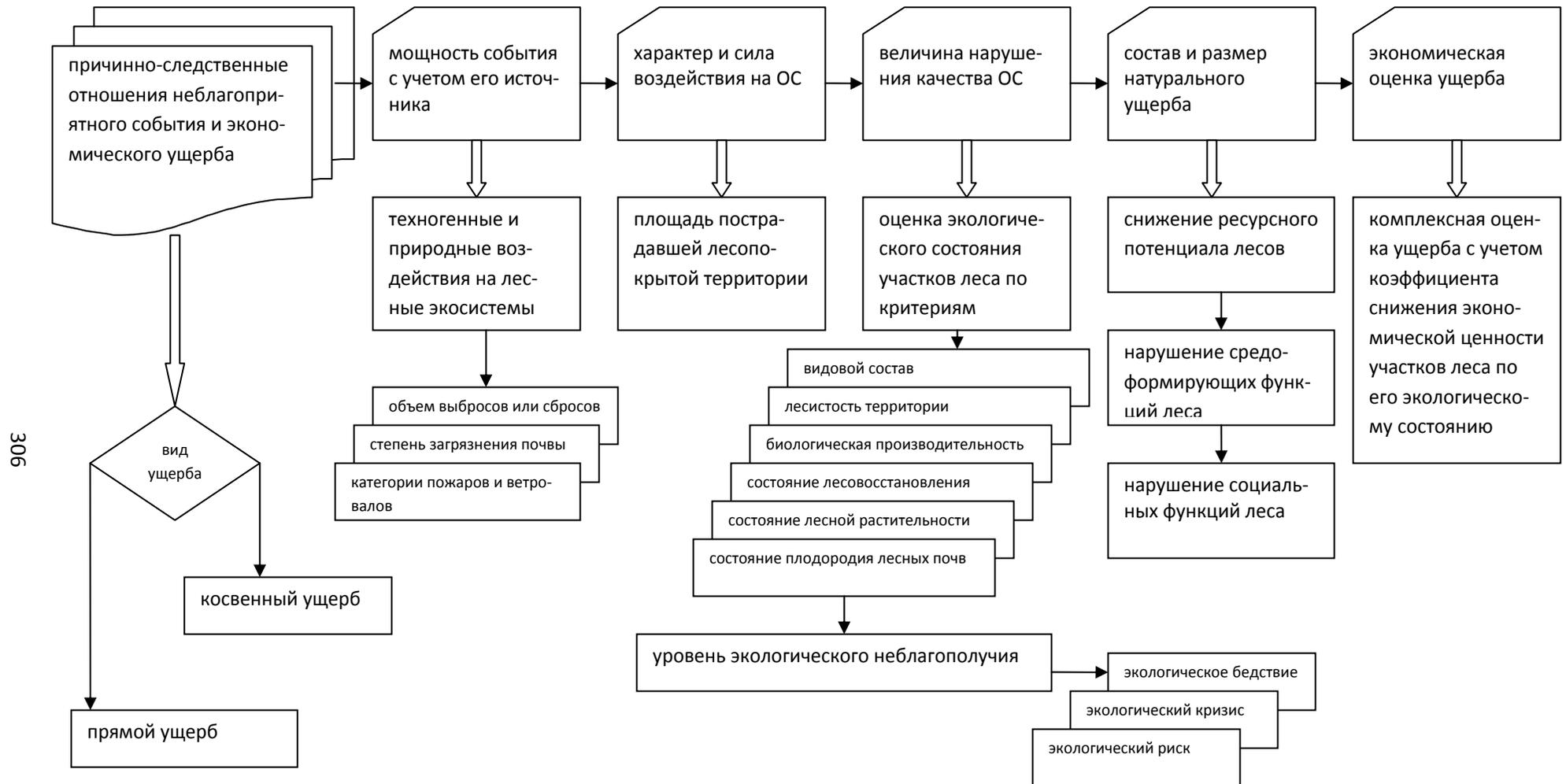


Рис. 3. Определение структуры возможного ущерба лесным экосистемам

Ущерб принято подразделять на прямые и косвенные:

- прямой экономический ущерб – потери древесины на корню, расходы по тушению лесных пожаров, стоимость сгоревших объектов и готовой продукции в лесу, дополнительные расходы лесного хозяйства, вызванные пожарами;
- прямой социальный ущерб – изменение условий жизни населения в районах, прилежащих к лесным участкам, пройденным пожарами;
- прямой экологический ущерб – повреждение (уничтожение) древостоя, растительного покрова и животного мира, разрушение почвенного покрова, изменение средоформирующего потенциала лесов;
- косвенный экономический ущерб – изменение объема и структуры выпуска продукции лесной промышленности;
- косвенный социальный ущерб – изменение условий и характера труда (перераспределение трудовых ресурсов);
- косвенный экологический ущерб – гибель и уменьшение численности зверей и птиц, изменение характеристик природных ресурсов на участках, пройденных пожарами и на прилежащих территориях.

При комплексной экономической оценке ущербов лесам суммируются выраженный в стоимостной форме прямой экономический ущерб и прямой экологический ущерб [2].

Вторая задача этапа состоит в выявлении причинно-следственных отношений неблагоприятного события и вызванного им экономического ущерба. Состав причинно-следственных связей с момента возникновения лесного пожара до появления экономического ущерба представлен на рис. 4.

Первое звено – мощность события с учетом его источника; определяется вид пожара (верховой, низовой, подземный) и причина возникновения пожара.

Второе звено – характер и сила воздействия на ОС; определяется площадь лесопокрытой территории, пройденной пожарами, и в зависимости от охваченной площади лесные пожары делятся на крупные, средние и мелкие. Крупные пожары отличаются не только своими размерами, но и последствиями, уничтожая результаты труда лесоводов и подрывая сырьевые ресурсы промышленных предприятий.

Третье звено – величина нарушения качества ОС; оценивается экологическое состояние лесного участка по критериям: видовой состав, лесистость территории, биологическая производительность насаждений, состояние лесовосстановления, повреждение лесной растительности и состояние плодородия лесных почв.

Четвертое звено – состав и размер натурального ущерба; определяются значения характеристик лесных благ участков, пройденных пожарами: сократившиеся лесные ресурсы, нарушенные средоформирующие и социальные функции лесов.

Пятое звено – экономическая оценка ущерба; это комплексная оценка ущерба лесам от пожаров, включающая размерно-качественные показатели древесных ресурсов и средоформирующий потенциал лесов в соответствии с характером восстановления природных объектов, подвергшихся пожарам, и с учетом коэффициента снижения экономической ценности участков леса по его экологическому состоянию.

Четвертый этап риск-анализа – *построение закона распределения ущерба*. Решается задача формирования закона распределения вероятностей ущерба лесным экосистемам от пожаров на основе данных о размере ущерба в аналогичных ситуациях (данные об ущербе ресурсному потенциалу леса, средоформирующим и социальным функциям леса). На этом этапе также решается задача определения количественных характеристик ущерба (математическое ожидание ущерба и дисперсия ущерба).

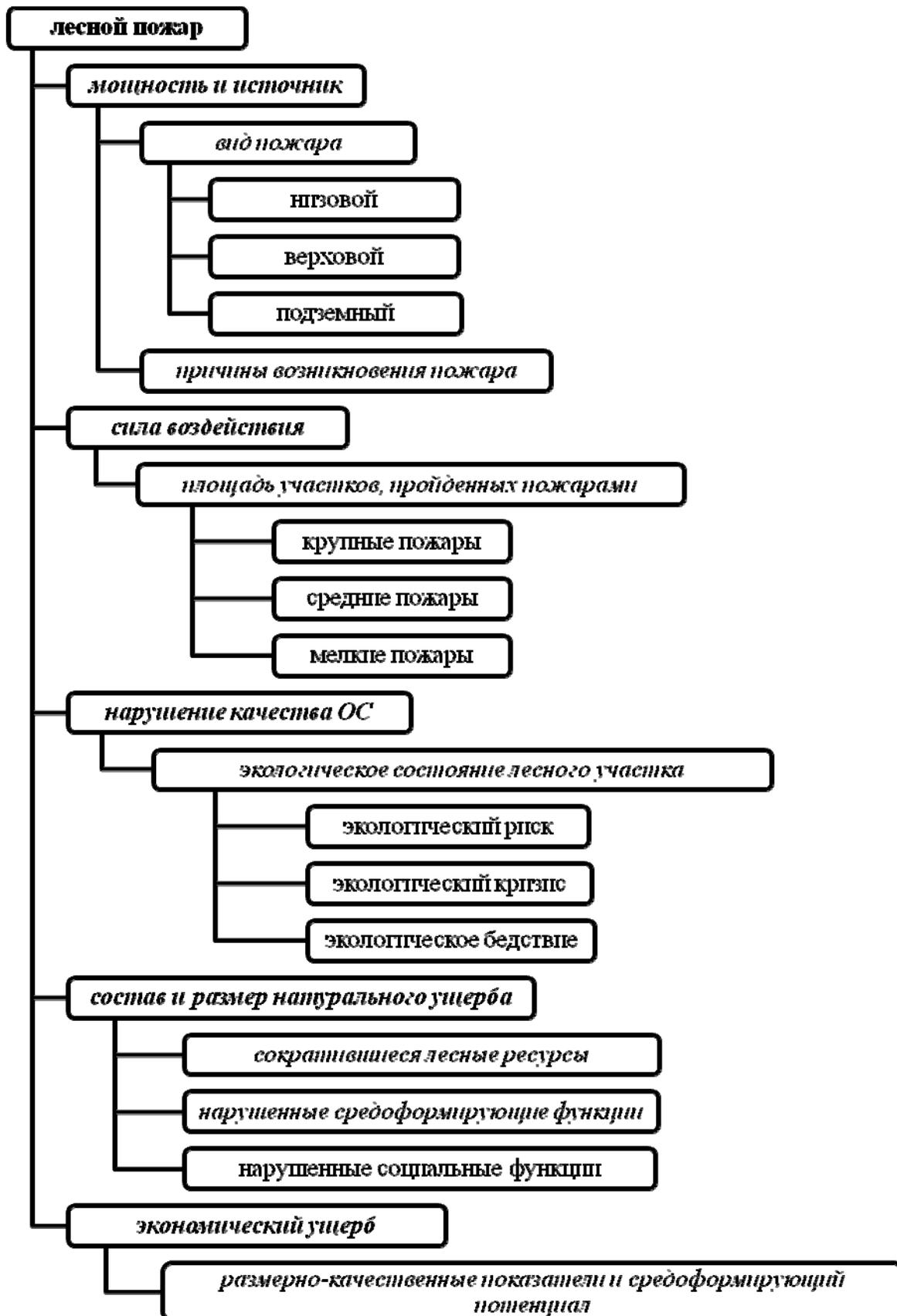


Рис. 4. Причинно-следственные отношения лесного пожара и экономического ущерба

Пятый этап оценки меры риска предполагает определение показателей для прогнозирования будущего потенциального ущерба: меры риска как вероятности возникновения негативного явления, обуславливающего величину этого ущерба и вероятности нанесения ущерба при возникновении исследуемого негативного явления.

Заключительным этапом риск-анализа является *этап управления риском*, целью которого является определение мероприятий для сокращения показателя среднего риска, а также контроль результатов внедрения мер по защите от риска.

Последовательное решение задач этапов риск-анализа позволяет определить достоверные и обоснованные характеристики риска, направленные на выявление эффективных мер по его сокращению.

Библиографический список

1. Баранов О.В. Применение риск-анализа для управления сложными эколого-экономическими системами // VII международная конференция Российского общества экологической экономики. С.-Пб. 2005.

Воробьев Ю.Л., Акимов В.А. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы. М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004.

***В.Н. Старжинский, Д.Р. Гагарин,
А.Ю. Завьялов, С.В. Совина***
*УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
z.artem96@gmail.com*

АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОТОВОГО ПОЛИКАРБОНАТА (STRUCTURED POLYCARBONATE SHEETS ACOUSTIC PROPERTIES)

Доказывается, что для снижения шума при работе деревообрабатывающего оборудования в качестве экранов и кожухов перспективно использовать сотовый поликарбонат благодаря его звукоизолирующим свойствам.

It is shown that because of acoustic properties of Structured Polycarbonate sheets, it is perspective to use as protective panels of woodworking machines to reduce noise.

Для снижения шума при работе деревообрабатывающего оборудования используют звукозащитные конструкции, обладающие звукоизоляционными и звукопоглощающими свойствами. Из спектра проблем, возникающих при разработке шумозащитных конструкций деревообрабатывающего оборудования, первая – выбор акустического материала для их изготовления.

Акустические материалы делят на звукопоглощающие, звукоизолирующие, виброизолирующие и вибропоглощающие. Наибольший эффект снижения шума обеспечивают звукоизолирующие материалы. Они составляют основу звукоизолирующих оболочек машин, кабин управления, перегородок и всех других конструкций промышленной звукоизоляции.

Основными материалами для промышленной звукоизоляции являются свинец, медные сплавы, сталь, титановые сплавы, силикатное и органическое стекло, стеклопластик и пластмассы [1].

Последние два десятка лет в промышленности стал широко использоваться для различных целей новый конструкционный материал – сотовый поликарбонат.

Сотовый поликарбонат свое название получил из-за своей внутренней структуры, по форме, разделенной ячейками (сотами), в которых воздух обеспечивает высокие теплоизоляционные свойства, а ребра жесткости – большую конструктивную прочность при относительно небольшом весе. Листы сотового поликарбоната состоят из двух или более тонких параллельных пластин и перегородок между ними. Поликарбонат является универсальным пластиком для строительства, дизайна, промышленности, сельского хозяйства и рекламы [2].

Материал обладает хорошей тепло- и звукоизоляцией (снижение шума до 18 - 22 дБ), тем большей, чем сложнее внутренняя структура. Его можно сгибать в холодном виде, он выдерживает большие нагрузки.

Пожаробезопасность сотового поликарбоната – замедленное возгорание и малая эмиссия ядовитых газов; температура возгорания 570 °С, а подвергнутый воздействию открытого огня он плавится, образуя безвредные хлопья.

Сотовый поликарбонат имеет малый удельный вес (от 1,5 до 3,5 кг/м²). Это в 10 раз меньше, чем стекло, и в 3 раза меньше, чем акрил. Вес сотового поликарбоната в 16 раз меньше веса обычного стекла аналогичной толщины, в 6 раз – акрилового стекла.

Свойство ударопрочности в сочетании с малым весом делает поликарбонатные панели идеальным безопасным конструкционным материалом.

Звукоизолирующие свойства сотового поликарбоната позволяют использовать поликарбонат для противозвуковых барьеров на дорогах, мостах, в аэропортах, в цехах. Широкая цветовая гамма сотового поликарбоната обеспечивает эстетический внешний вид любым конструкциям.

Основным конструктивным элементом промышленной звукоизоляции является пластина. Звукоизоляция пластины заданной толщины в широком диапазоне частот тем больше, чем больше плотность ρ и фактор вибропоглощения ηE (η – коэффициент потерь, E – модуль упругости) и чем меньше отношение E/ρ . По всем этим показателям оргстекло и поликарбонат являются более хорошими звукоизолирующими материалами, чем такой звукоизолирующий материал, как фанера, а по значениям величин ηE и E/ρ они превосходят сталь (один из наиболее эффективных современных звукоизолирующих материалов) [1].

Таким образом, органическое стекло и сотовый поликарбонат с учетом их звукоизолирующих, оптических и технологических качеств следует считать перспективными звукоизолирующими материалами для промышленной звукоизоляции.

Звукопоглощение твердых пластин при падении на них звуковых волн мало влияет на звукоизоляцию таких пластин. Но при расчете звукоизоляции машин или помещения необходимо знать коэффициенты звукопоглощения всех ограждающих конструкций, в том числе и той их части, которая выполнена из сотового поликарбоната.

Панель из сотового поликарбоната легко устанавливается с помощью обычных столярных инструментов (ручных или электрических): пил, дрелей, лобзиков и отверток. Технические характеристики сотового поликарбоната даны в таблице [2, 3]. Приведенные значения являются средними в зависимости от толщины листа, его структуры и цвета.

Технические характеристики и свойства поликарбонатных листов

| Характеристики | Толщина /кол-во стенок | | | | | | | |
|---|----------------------------|-------|-------|--------|--------|--------------|--------|--------|
| | 4 Н/2 | 6 Н/2 | 8 Н/2 | 10 Н/2 | 16 Н/3 | 16 Х/3 | 20 Н/6 | 25 Н/6 |
| Стандартная ширина листа, мм | 2100 | | | | | 2100 | | |
| Стандартная длина листа, мм | 6000 и 12000 | | | | | 6000 и 12000 | | |
| Удельный вес, кг/м ² | 0,8 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 2,7 | 2,7 | 3 | 3,5 |
| Показатель звукоизоляции, дБ | 16 | 18 | 18 | 19 | 21 | 21 | 22 | 22 |
| Термическое сопротивление теплопередаче, м ² °С/Вт | 0,24 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,42 | 0,5 | 0,56 | 0,68 |
| Светопропускание, % (для прозрачных марок) | 83 | 82 | 82 | 80 | 76 | 41 | 51 | 48 |
| Минимальный радиус изгиба арки, м | 0,7 | 1,05 | 1,5 | 1,75 | 2,8 | 3 | 3,5 | 4,4 |
| Свойства | | | | | | | | |
| Плотность материала, г/см ³ | 1,2 | | | | | | | |
| Модуль упругости при изгибе, МПа | 2250 | | | | | | | |
| Твердость по Роквеллу | 95 | | | | | | | |
| Ударная вязкость по Изоду, с надрезом, кДж/м ² | 10-15 | | | | | | | |
| Максимальная температура эксплуатации, °С | 120 | | | | | | | |
| Коэффициент линейного теплового расширения, м/м·°С | (6,5-7,0)х10 ⁻⁵ | | | | | | | |
| Температура устойчивости под нагрузкой, °С (1,8МПа) | 124-131 | | | | | | | |
| Воспламеняемость (DIN 4102) | В1 | | | | | | | |

В результате проведенных испытаний на долговечность сотовых поликарбонатных листов установлено, что образцы материалов при определении долговечности выдержали 30 условных лет эксплуатации без снижения прочностных характеристик и изменения цвета.

В рекламных материалах фирм – производителей и продавцов сотового поликарбоната приводятся противоречивые данные об его акустических характеристиках. Даются отрывочные сведения о звукоизоляции, и нет данных о звукопоглощении сотового поликарбоната. Поэтому для проектирования шумозащитных конструкций (перегородок, кожухов, экранов) на кафедре охраны труда УГЛТУ были проведены исследования по определению его акустических свойств.

Результаты измерения коэффициентов звукопоглощения сотового поликарбоната (рис. 1) показали, что он не может быть отнесен к звукопоглощающим материалам (коэффициент звукопоглощения ~0,01). Поэтому при использовании его в конструкциях звукоизоляции и экранирования звукопоглощение можно не учитывать.

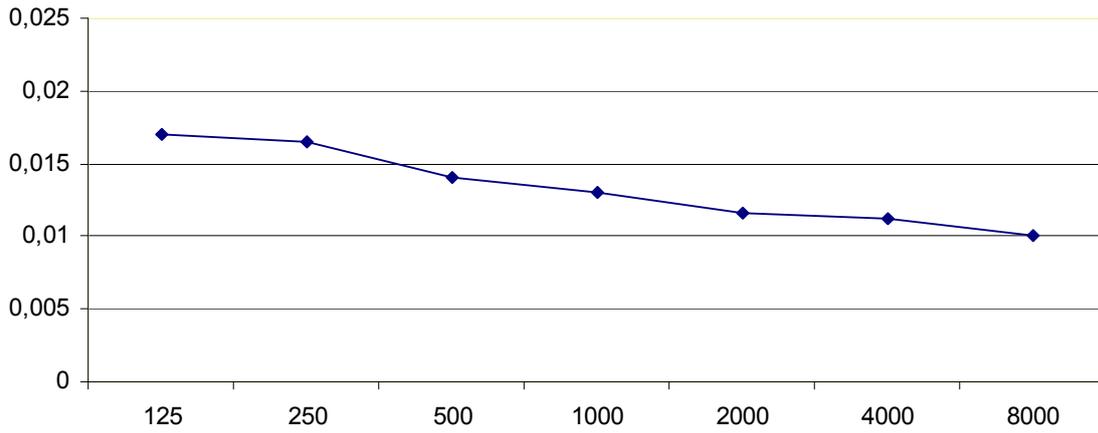


Рис. 1. Коэффициент звукопоглощения сотового поликарбоната (толщина листа 4 мм) в октавных полосах частот

Результаты исследования звукоизоляции листов сотового поликарбоната и различных конструкций с использованием сотового поликарбоната приведены на рис. 2, 3.

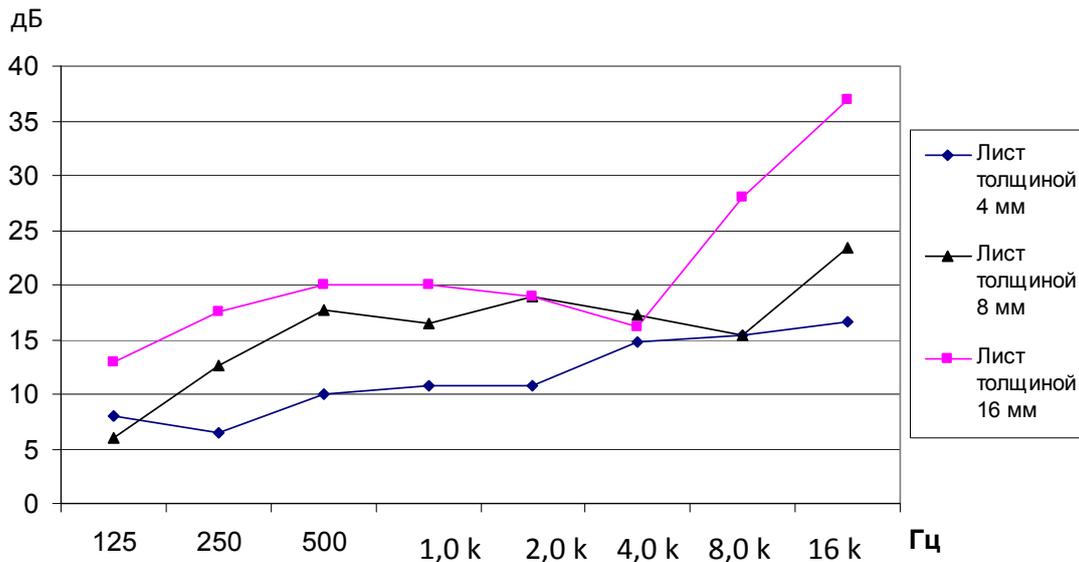


Рис. 2. Звукоизоляция листов сотового поликарбоната

Анализ результатов исследований показал, что сотовый поликарбонат с успехом может использоваться при проектировании конструкций звукоизолирующих экранов и кожухов. Эффективность звукоизоляции конструкций из сотового поликарбоната, состоящих из двух листов и воздушного промежутка между ними, достигает 30 – 45 дБ в высокочастотной области спектра и 10 – 15 дБ в низкочастотной части спектра шума.

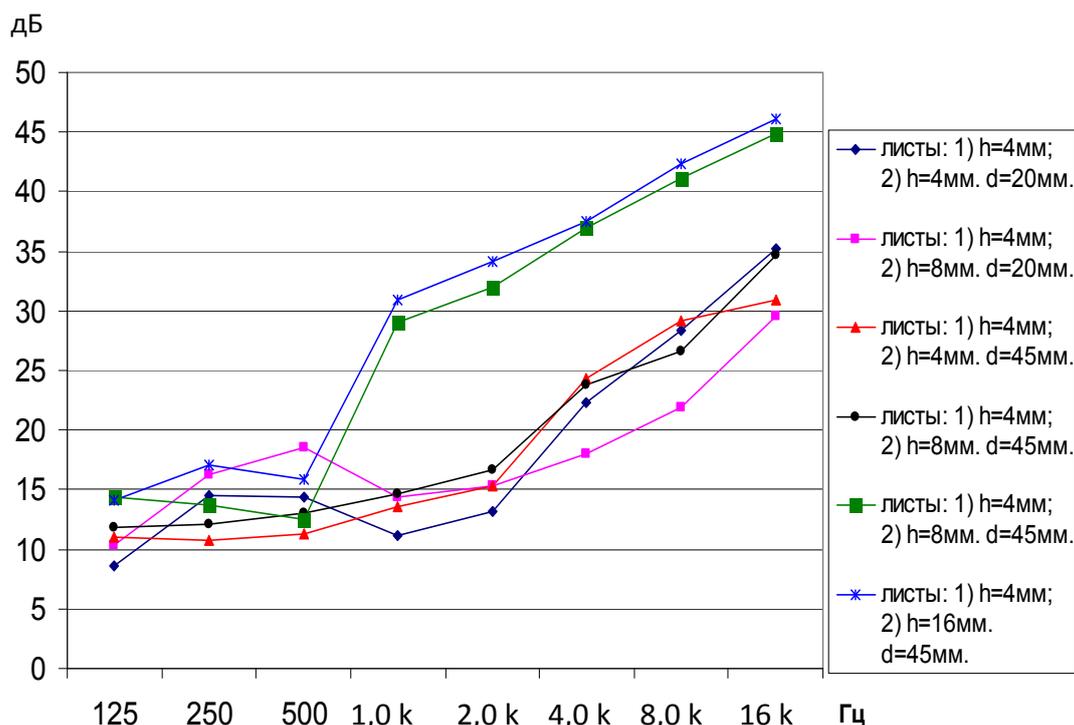


Рис. 3. Звукоизоляция конструкций из сотового поликарбоната:
 h – толщина листа; d – толщина воздушного промежутка;
 $d_{зпм}$ – толщина звукопоглощающего материала «АкустовьTM» - рельеф В

Библиографический список

1. Боголепов И.И. Промышленная звукоизоляция / И.И. Боголепов, Л.П. Борисов. Л.: Судостроение, 1986. 368 с.
2. Сотовый поликарбонат. URL.: [http://ru.wikipedia.org/wiki/ Сотовый_поликарбонат](http://ru.wikipedia.org/wiki/Сотовый_поликарбонат) (дата обращения: 07.04.2012).
3. Сотовый поликарбонат. URL.: <http://www.borplast.ru/62/structure/> (дата обращения: 07.04.2012).

Г.В. Чумарный
 УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
g09t@yandex.ru

**ОБ ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
 ФАКТОРОВ НА РАБОТНИКОВ
 ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ
 (ON THE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF PRODUCTION FACTORS
 ON THE EMPLOYEES OF THE WOOD- PROCESSING PRODUCTION)**

Рассматриваются некоторые аспекты оценки воздействия производственных факторов на работников деревообрабатывающего предприятия.

Some aspects of the evaluation of the impact of production factors on the employees at the wood-processing enterprise are considered.

В нормативной документации, регламентирующей охрану труда на деревообрабатывающих производствах, рассматриваются следующие группы опасных и вредных производственных факторов (ПФ) [1].

Физические ПФ:

- обусловленные действием движущихся машин и механизмов, подвижных частей производственного оборудования, передвигающихся и обрушающихся изделий, заготовок, материалов, разрушающихся конструкций;

- обусловленные наличием острых кромок оборудования, инструмента и изделий, повышенной запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны, повышенной или пониженной температуры воздуха рабочей зоны, повышенной температуры поверхности оборудования и материалов, повышенных уровня шума и уровня вибрации на рабочем месте, повышенной влажности воздуха рабочей зоны, повышенной или пониженной подвижности воздуха в рабочей зоне, повышенного значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенного уровня статического электричества, повышенного уровня электромагнитных излучений, недостаточной освещенности рабочей зоны, недостатка естественного света, повышенных напряженности электрического поля, яркости света, уровня ионизирующих излучений в рабочей зоне, уровня инфракрасной радиации.

Химические ПФ, обусловленные присутствием токсических, раздражающих, сенсibiliзирующих веществ, влияющих на репродуктивную функцию.

Психофизиологические ПФ, определяемые наличием физических перегрузок, нервно-психических перегрузок.

Воздействие биологических факторов для деревообрабатывающих производств предполагается маловероятным.

Особо следует отметить повышенную пожароопасность деревообрабатывающих производств, которая в значительной мере зависит от характера технологического процесса и специфических особенностей отдельных цехов и мастерских: степени влажности древесины, состава оборудования, температурного режима, при котором ведется процесс, огне- и взрывоопасности вспомогательных материалов и др.

С точки зрения обеспечения безопасности воздействие производственных факторов на оператора может быть оценено с использованием понятия риска, т.е. вероятности реализации нежелательного исхода (события), непосредственно связанного с действием рассматриваемого фактора.

Профессиональный риск для работников деревообрабатывающих и лесопромышленных предприятий может быть описан рядом обобщенных показателей [2, 3]:

$K_{\text{ч}}$ – коэффициент частоты несчастных случаев – количество несчастных случаев, произошедших на предприятии за один год на 1000 работающих;

$K_{\text{ч}^*}$ – коэффициент частоты несчастных случаев, используемый в ряде зарубежных стран – количество несчастных случаев, произошедших на предприятии за 1000000 отработанных человеко-часов;

$K_{\text{см}}$ – коэффициент частоты наступления несчастного случая со смертельным исходом – количество несчастных случаев со смертельным исходом, произошедших на предприятии за один год на 1000 работающих;

$K_{\text{т}}$ – коэффициент тяжести производственного травматизма – средняя продолжительность временной утраты трудоспособности на один произошедший несчастный случай в отчетном году;

I_{nz} – индекс профессиональной заболеваемости (риск профессионального заболевания):

$$I_{nz} = K_p K_T,$$

где K_p – коэффициент частоты выявления профзаболевания;

K_T – коэффициент тяжести выявленного профзаболевания.

Аналогично индексу I_{nz} можно ввести индекс травматизма I_{nt} , который будет численно равным количеству дней временной утраты трудоспособности в результате несчастных случаев на 1000 работающих за один год.

Если известно распределение несчастных случаев по тяжести, то можно ввести обобщенный показатель профессионального риска $R_{пр}$, который учитывал бы все возможные виды ущерба для здоровья и жизни работника с учетом частоты и тяжести этого вида ущерба (включая смертельный исход, а также выявленные профессиональные заболевания).

Этот показатель может быть выражен в виде

$$R_{пр} = \sum_{i=1}^L \alpha_i W_i,$$

где α_i – относительная доля (удельный вес) i -го вида происшествий на предприятии;

W_i – величина среднего ущерба (тяжесть), связанного с i -м видом происшествий;

L – количество учитываемых видов ущербов (количество уровней дискретности ущерба по тяжести).

Применение показателя $R_{пр}$ даёт возможность сравнить различные состояния безопасности на одном или родственных предприятиях.

Отметим, что в Российской Федерации основой оценки производственных рисков служит аттестация рабочих мест по условиям труда, проведение которой в соответствии со статьей № 212 Трудового кодекса РФ является обязанностью работодателя. По результатам аттестации рабочих мест разрабатываются и осуществляются мероприятия, направленные на снижение производственных рисков.

Уровень риска на рабочем месте необходимо оценивать каждый раз, когда происходят какие-либо изменения, влияющие на факторы риска, например, вводится новый технологический процесс, новое оборудование, сырье или материалы, изменяется организация труда или вводятся новые рабочие ситуации, в т. ч. перемещение рабочих мест в новые мастерские или другие помещения.

При определении рисков важно учитывать взаимосвязи между всеми операторами и производственными процессами на предприятии. Поэтому оценку рисков целесообразно проводить, основываясь на данных мониторинга производственных факторов рабочей среды, на определении и анализе рабочих заданий (оценка рисков, появляющихся в результате выполнения заданий работниками), на наблюдениях за организацией трудового процесса (наличие регламентированных перерывов) и т.п.

Данные мониторинга целесообразно соотносить с требованиями нормативной документации, прежде всего с Системой стандартов безопасности труда. Так уже на начальном этапе анализа можно выявить "узкие места".

В качестве генеральных направлений повышения уровня безопасности на деревообрабатывающем производстве можно назвать мероприятия, направленные на ликвидацию рисков, снижение уровней риска, применение эффективных средств коллективной и индивидуальной защиты, модернизацию производства.

В зависимости от специфики определения рисков варьируются и методы их оценивания, что показано в таблице.

Методы оценивания риска

| Область определения риска (количество объектов исследования, наблюдений, N) | Применяемый метод оценивания риска |
|---|--|
| Отрасль экономики ($>10^6$) | Статистический |
| Подотрасль экономики (отрасль промышленности) ($10^5 \dots 10^6$) | Статистический по объединенной выборке |
| Крупное предприятие ($10^4 \dots 10^5$) | Вероятностно-статистический |
| Среднее предприятие ($10^3 \dots 10^4$) | Экспертно-статистический |
| Малое предприятие ($<10^3$) | Экспертный |
| Рабочее место ($1 \dots 10$) | Экспертный |

Также есть различия и в целях проводимой оценки:

1) *на уровне отраслей экономики:*

а) установление класса профессионального риска для отрасли (вида экономической деятельности) и назначение соответствующего страхового тарифа,

б) оценка общего состояния условий труда в отрасли или в государстве в интересах разработки приоритетных государственных программ по снижению уровня производственного травматизма и профзаболеваний;

2) *на уровне предприятий и производств* - оценка коллективного профессионального риска (по всем рабочим местам):

а) в целях выявления приоритетных направлений улучшения условий труда, обеспечивающих наивысшую результативность при наименьших затратах,

б) в целях обоснования компенсаций за потенциальный вред для здоровья работников, занятых во вредных условиях труда, если устранение вредных производственных факторов на рабочих местах на современном этапе развития предприятия признается нецелесообразным;

3) *на уровне отдельного рабочего места (профессии):*

а) в целях выявления наиболее существенных рисков и планирования деятельности по их устранению,

б) в целях снижения остаточных рисков и обеспечения непрерывного совершенствования в области производственной безопасности и здоровья,

в) в целях снижения всех видов ущербов от несчастных случаев и профзаболеваний на данном рабочем месте или для работников данной профессии.

Для разработки и внедрения эффективных мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий труда на предприятиях деревообработки (в том числе - прогнозирование нежелательных исходов), полезно проводить моделирование воздействия потенциально опасных и вредных ПФ на операторов (работников), что требует максимально корректной оценки рисков таких негативных проявлений. Адекватность оценки должна подтверждаться сравнением её результатов с данными статистики по данной отрасли и опираться на постоянный мониторинг воздействия ПФ. При использовании различных методик оценки рисков возникает необходимость задать критерий значимости того или иного фактора, что в конечном итоге и определит степень соответствия рассматриваемой модели реальной ситуации [4].

Цели мониторинга ПФ могут служить различные системы контроля, видеонаблюдения, сигнализации и т.п. Хотя в настоящее время нет технических проблем в оборудовании того или иного предприятия системой наблюдения за значениями производственных факторов, тем не менее основным препятствием на пути создания такой

системы являются, очевидно, значительные капиталовложения, оправданность которых требует серьезного обоснования.

Библиографический список

1. ГОСТ 12.3.042-88 «Деревообрабатывающее производство. Общие требования безопасности» [Электронный ресурс]: официальный сайт компании «Консультант плюс». Электрон. текстовые данные. Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=7508>. Загл. с экрана.

2. Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство) // Под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова., М.: Тривант, 2003. С. 448.

3. Федорец А. Вероятностно-статистические методы оценки производственных рисков [Электронный ресурс]: сайт информационной системы «Викария». Электрон. текстовые данные. Режим доступа: [http:// vicaria.ru/ 941](http://vicaria.ru/941). Загл. с экрана.

4. Чумарный Г.В. Подход к применению математического моделирования при создании эффективной системы управления охраной труда на предприятии. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2008», Т. 3. Технические науки. Одесса: Черноморье, 2008. С. 88.

ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИНЖИНИРИНГА В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

О.Ю. Арефьева, Н.Н. Черемных
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (INTELLECTUALIZATION OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL DESIGN)

Показано, что современная методика обучения студентов-лесотехников по инженерным специальностям строится на новых технологиях конструирования, в которых центральное место занимает компьютерная графика.

It is shown that modern methods of teaching students-lesotekhnikov engineering is based on new technologies to design, which focuses on computer graphics.

Современное геометро-графическое образование студента-лесотехника должно не только предоставлять выпускнику знания содержательной части, но и сформировать навыки пользования компьютерными технологиями в разработке и соответствующем оформлении конструкторской документации. Графическая культура была и остается элементом общей профессиональной культуры инженера (бакалавра-инженера).

За последние 5-7 лет для преподавателей кафедры «Начертательная геометрия и машиностроительное черчение» предметом методических поисков является проблема образования среднего студента, который пришел в УГЛТУ после школы или учреждения СПО с крайне низкими или вообще отсутствующими навыками в геометро-графическом образовании. Уровень пространственного мышления характеризуется такими показателями, как умение анализировать форму, размеры, расположение и соотношение элементов (конструктивных и технологических), мысленно преобразовывать их, меняя точку наблюдения.

Отсутствие довузовской (школьной) графической подготовки на уровне плоского черчения отмечают и преподаватели многих ведущих технических вузов РФ, получивших статус национальных исследовательских [1–3].

Формирование базовых профессиональных компетенций у студентов при изучении начертательной геометрии и инженерной графики мы отразили в последние годы в ряде наших статей в сборниках ведущих технических вузов РФ. Активное внедрение в учебный процесс новых технологий обучения направлено на развитие и совершенствование подготовки специалистов, повышение качества образовательного процесса.

Необходимость совершенствования технологии преподавания, в том числе путем внедрения в учебный процесс новых информационных технологий, вызвана нынешними социально-экономическими условиями. Подготовленный и востребованный специалист должен обладать не только профессиональной компетентностью в соответствующей предметно-отраслевой области, но и способностью работать в различных струк-

турных подразделениях предприятия, стремлением и способностью учиться, повышать свою квалификацию.

Кроме того, возросшие требования работодателей необходимо учитывать при организации учебного процесса. Именно на первом курсе закладывается фундаментальная подготовка инженера, которая после окончания вуза позволит специалисту быстро и гибко ориентироваться в условиях нестабильного рынка инженерного труда.

Качественно улучшить процесс обучения графическим дисциплинам позволяет применение *машинной (компьютерной) графики*.

Компьютерные технологии являются мощным инструментом реализации методов геометрии и графики. Вычислительная техника позволяет моделировать практически любые конструкции. Практика проектирования на предприятиях и в фирмах полностью ориентирована на компьютерные методы построения чертежа.

С целью освоения студентами современных технологий проектирования преподавание раздела «Компьютерная графика» дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика» ведется с использованием пакета AutoCAD.

Традиционные задания курса «Инженерная графика» в настоящее время получили новое наполнение. Работа на компьютерах построена так, что студенты не просто изучают графический пакет, а продолжают изучение инженерной графики. Для каждой специальности или групп специальностей разработан комплект заданий для выполнения чертежей на компьютере.

В ходе выполнения заданий студенты изучают команды графического пакета и его возможности, а именно: настройка рабочей среды, определение формата чертежа, вычерчивание примитивов, редактирование чертежа, объектные привязки, работа с блоками, работа со слоями, работа с текстом, текстовые и размерные стили, редактирование текста. В настоящее время преподавание дисциплины осуществляется как по 2D-, так и по 3D-технологиям.

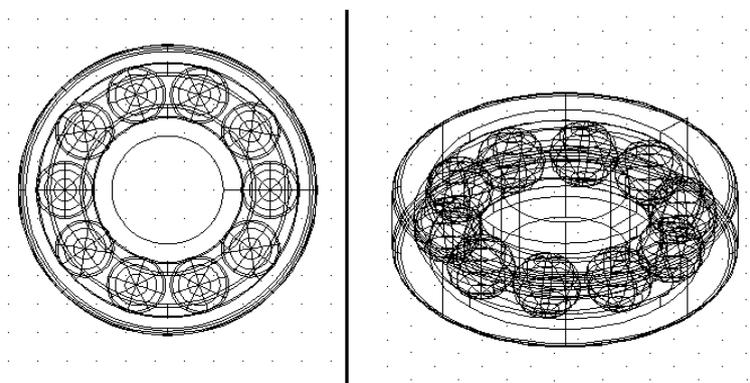
Изучение графических пакетов мы считаем очень важным и необходимым для подготовки высококвалифицированных специалистов, и начинать его надо именно с инженерной графики, где изучают не только команды пакета, но правила и ГОСТы, системы ЕСКД, по которым выполняется чертеж.

Повысить качество обучения помогает формирование у студентов положительного отношения к учебному предмету путем повышения мотивации и активного участия в освоении дисциплины. Для студентов всегда важен ответ на вопрос: «Каким образом изучаемый предмет связан с будущей профессией?». Преподавателю необходимо чаще приводить примеры связи изучаемого предмета с предстоящими и параллельно изучаемыми дисциплинами, со специальностью в целом, уделять внимание прикладным вопросам геометрии и графики. Следует заметить, что ряд преподавателей кафедры регулярно посещают выставки, связанные с развитием деревоперерабатывающей и лесозаготовительной техники и технологий. Практические примеры заимствуем в разработках выпускающих кафедр [4].

Как показывает практика, даже слабые студенты на занятиях по компьютерной графике работают с большим интересом. Особое значение имеет возможность рассмотреть с разных сторон построенную модель. Умение строить простые 3D-модели формируется за 2 – 3 занятия. Построение проекций, разрезов и сечений по 3D-модели в значительной степени автоматизировано (переход от объемной модели к плоскому чертежу), поэтому, работая с двухмерным чертежом, студенту легче выполнить обратную задачу – мысленно представить геометрическую форму объекта. Таким образом, 3D-технологии способствуют развитию пространственного восприятия объекта, в том

числе у студентов со слабой общей подготовкой, так характерной для всех специальностей и направлений нашего вуза.

В процессе моделирования создается не деталь, а алгоритм (последовательность операций) ее создания. Задаются размеры и геометрические взаимосвязи между элементами. На рисунке приведен пример разработки твердотельной модели шарикоподшипника студентами лесомеханического факультета, с использованием команд создания тел вращения и размножения тел полярным массивом. Чертеж размещен на двух видовых экранах.



Твердотельная модель шарикоподшипника

Приобретение студентом навыков выполнения конструкторских работ с использованием автоматизированных систем подготовки чертежно-графической документации повышает его квалификацию как технического специалиста.

Библиографический список

1. Быков В.Н., Мефодьева Л.Я. Совершенствование графического образования в современном техническом вузе // Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: межвуз. науч.-метод. сборник. Саратов: СГТУ, 2009. 281 с.
2. Шебашев В.Е. О работе кафедры по усилению преемственности графической подготовки на вузовском и довузовском уровне // Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: межвуз. науч.-метод. сборник. Саратов: СГТУ, 2011. 183 с.
3. Проблемы геометрического моделирования в автоматизированном проектировании и производстве: Сборник материалов I-й международной научной конференции. Под ред. Якунина В.И. М.: МГИУ, 2008. 419 с.
4. Газеев М.В. Основы автоматизированного проектирования изделий мебели в системе «Базис»: метод. указания по выполнению лабораторных и практических работ для студентов направления 250300 по дисциплине «Информационные технологии в отрасли» и специальности 250403 по дисциплине «Основы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов». Екатеринбург: УГЛТИ, 2009. 50 с.

Р.М. Ларионова
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ

**ОСОБЕННОСТЬ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ
ПО ЗЕМЕЛЬНОМУ КАДАСТРУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»**
(FEATURE OF THE TRAINING OF SPECIALISTS IN LAND CADASTRE
ON THE DISCIPLINE OF COMPUTER GRAPHICS)

Представлена современная методика обучения специалистов по земельному кадастру с применением компьютерной графики.

Given modern methods of training specialists in the land register with the use of computer graphics.

В связи с введением в действие нового Земельного кодекса РФ и других нормативных документов подготовка специалистов по направлению «Земельный кадастр» является актуальной. Будущему специалисту необходимо владеть определенным объемом знаний, в том числе связанных с обработкой геометро-графической информации в ручном и автоматизированном режимах с помощью геоинформационных систем [1].

К специалистам этого направления предъявляются требования, в соответствии с которыми бакалавр должен владеть:

- средствами компьютерной графики (ввод, вывод, отображение, преобразование и редактирование графических объектов на ПЭВМ);
- методикой оформления планов, карт, графических материалов с использованием современных компьютерных технологий.

Специалист должен знать приемы инженерной графики и топографического черчения, уметь использовать приемы компьютерной и инженерной графики, топографического и землеустроительного черчения.

Выпускник может выполнять следующие виды деятельности: проектная, организационно-управленческая, производственно-технологическая, научно-исследовательская. На решение этих задач в нашем вузе выделяется 108 часов, из них 22 часа – лекции и 32 – лабораторные работы.

На кафедре начертательной геометрии и машиностроительного черчения разработана программа курса компьютерной графики и подготовлено необходимое методическое обеспечение [2–6]. Следует отметить, что программа для данной специальности состоит из следующих частей:

- общеобразовательная – дает навыки выполнения двумерных и трехмерных изображений средствами компьютерной графики в преподаваемых графических системах, а также необходимый инструментарий для выполнения землеустроительных документов на современном уровне;
- профессионально-ориентированная – учит студентов выполнять быстро и качественно топографические чертежи и планы местности с учетом определения границ земельных работ.

Но в текущем году студенты изучали компьютерные графические технологии после освоения ими в учреждениях СПО инженерной графики и основ программирования. Это обстоятельство облегчало восприятие читаемого материала. А вот как быть с теми, у кого нет этой базовой подготовки по инженерной графике, в частности с пришедшими после школы, где в 15-17% случаев были лишь азы черчения? В прошедшем году курс инженерной графики был для них выделен деканатом в количестве

36 часов аудиторных занятий, из них компьютерным технологиям отведено лишь 12 часов. А этого крайне недостаточно для овладения на должном уровне средствами САПР. Курс компьютерной графики для трехгодичного срока обучения представляет собой стройную систему, состоящую из лекций и лабораторных работ, и логически увязан «от простого к сложному». Для их проведения разработан методический комплекс: варианты заданий, примеры выполнения чертежей [2–6].

Методический комплекс разделен на блоки:

- 1) обучающие лабораторные работы. Это общие задания для всех студентов;
- 2) индивидуальные задания для самостоятельного выполнения, по результатам которых можно судить о качественном усвоении студентом материала, где он свободен в выборе команд для решения своей задачи;
- 3) создание трехмерных моделей в среде AutoCAD, SOLID WORKS, КОМПАС.

Компьютерная графика позволяет интенсифицировать и индивидуализировать графическую подготовку будущих специалистов. И самое главное: акцент сделан на изучение топографической и землеустроительной графики, на изображение и обозначение графических документов Земельного кадастра.

Библиографический список

1. Федеральный государственный стандарт высшего профессионального образования. Направление подготовки 120700 «Землеустройство и кадастры». М.: МИНОБРНАУКИ РФ.
2. Рогожникова И.Т. Основы компьютерной графики на базе системы автоматизированного проектирования AutoCAD. Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. 176 с.
3. Ларионова Р.М. Применение графического пакета «AutoCAD» в топографическом черчении: сборник заданий. Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. 15 с.
4. Ларионова Р.М., Рогожникова И.Т., Добрынин А.А. Применение графического пакета «AutoCAD» в топографическом черчении: Метод. указания. Екатеринбург: УГЛТА, 1997. 44 с.
5. Добрынин А.А., Рогожникова И.Т., Ларионова Р.М. Решение задач автодорожного строительства методами начертательной геометрии: Метод. указания. Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. 27 с.
6. Рогожникова И.Т. Создание трехмерной модели в среде SOLID WORKS: Метод. указания. Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. 40 с.

Ярослав Мартинек

*Университетский лесхоз «Лес Масарика» МЕНДЕЛУ,
Кржтины, Чешская Республика
Training Forest Enterprise Masaryk
Forest in křtiny (TFE)
www.slpkrtiny.cz*

10 ЛЕТ СОТРУДНИЧЕСТВА С УГЛТУ (10-YEAR COOPERATION WITH USFEU)

Описаны история и основные достижения в сотрудничестве УГЛТУ с Университетским лесхозом «Лес Масарика». Представлены основные идеи дальнейшего развития.

Main achievements in cooperation between Training Forest Enterprise Massaryk Forest in Křtiny (TFE) and USFEU are described. The main ideas for further development of cooperation are presented in the article.

Десять лет назад студенты УГЛТУ из Екатеринбурга впервые посетили Учебное лесное предприятие «Масариков Лес Кржтины» (УЛП) Университета им. Г. Й. Менделя в Брно. Тогда производственную практику здесь прошла группа из 26 студентов в сопровождении Т.И. Тарасовой и Г.Н. Левинской. Практика длилась 17 дней, студенты работали, прежде всего в лесоводстве и в питомниках. Наше предприятие организовало для них профессиональные экскурсии в лесных насаждениях предприятия, специализированные лекции, посещение нашего университета, факультета лесного хозяйства и лесной промышленности.

Студенты приехали в Чешскую Республику по приглашению директора УЛП, т.е. по моему приглашению, конечно, с разрешения и при поддержке тогдашнего ректора университета и декана факультета лесного хозяйства и лесной промышленности. Естественно, наши гости, воспользовавшись возможностью, во время своего пребывания ознакомились не только с красотами нашего края, но и Чешской Республики, а позднее и соседних стран – Словакии и Австрии.

Что же было нашим мотивом для такого сотрудничества?

Прежде всего, мы хотели восстановить незадолго до этого прерванные дружеские отношения. Я родом из Западной Чехии и знаю, каким насыщенным было сотрудничество между Западночешскими государственными лесами и предприятиями Свердловской области. Многие лесники в Пльзене вспоминают об этом до сих пор.

По моим представлениям об управлении предприятием (а эти представления разделяло большинство моих коллег), следовало сделать наше предприятие местом встречи студентов и преподавателей факультетов лесного хозяйства со всего мира. Я считаю, что нам есть что показать. К примеру, внедрение философии длительного, устойчивого ведения лесного хозяйства способом восстановления подлеска, близким к естественному. Наше предприятие было первым в Чешской Республике, получившим в 1997 году престижный экологический сертификат FSC, в прошлом году Министр сельского хозяйства объявил наши леса Лесоводческим парком. В нашей стране 3 подобных парка. Я думаю, что посетителям нашего предприятия интересна и наша философия максимализации добавленной стоимости на выходе производственного процесса предприятия, на практике охватывающая уход за лесом, проведение лесозаготовок, работу лесопилки, производство лесной механизации и т. п.

Мы исходим из того, что приезжающие к нам студенты и их преподаватели во время встреч с нашими людьми взаимно обогащаются новыми знаниями, новыми задумками, что существенно способствует развитию кадров нашего предприятия и повышению профессионального личного роста.

По логике вещей получается, что студенты однажды станут менеджерами, которые будут о нас знать. А это логически должно проявиться и в деловых взаимоотношениях.

Обращаясь снова к прошедшим 10 годам, могу констатировать тот факт, что постепенно нам удаётся выполнять поставленные цели. В отношении УГЛТУ из Екатеринбурга однозначно. В течение 10 лет производственную практику у нас прошли 172 студента, ежегодно сопровождаемые одним или двумя педагогами. Кроме сопровождающих педагогов, наше предприятие посетил также бывший ректор Азаренок В.А., нынешний ректор Мехренцев А.В., проректоры Залесов и Шпак. О том, что производственная практика студентов УГЛТУ на нашем предприятии имеет успех, лучше всего свидетельствует интерес ваших студентов к участию в такой практике.

А в будущем? После того, как в прошлом году ректоры наших университетов подписали договор о сотрудничестве, хочется верить, что этот договор создаст условия для расширения спектра деятельности в рамке междууниверситетского сотрудничества.

Я могу представить, что студенты вашего университета будут ездить в Кржтины с конкретным заданием и в сотрудничестве с моими коллегами будут решать поставленные задачи. Я могу представить, что на ваше предприятие будут ездить наши студенты и докторанты с ясным заданием ожидаемого решения. Это должно нас взаимно обогащать.

Я, ожидаю, что с помощью нашего университета будет создано то, что мы называли «Демонстрационный центр трелевки с помощью канатной подвесной дороги». Я знаю, что в лесах России для трелевки будут использоваться многооперационные лесозаготовительные машины (харвестеры). Да, если они будут управляться квалифицированными операторами, тогда такие виды технологий бережно подходят к окружающей среде. Ваш университет открыл центр подготовки операторов и технологов для работы с такими машинами. Центр оснащён современными тренажёрами. Это правильный путь, но всё же у меня есть одно замечание. Минимально на 10 % фонда лесозаготовок даже харвестеры могут причинять непоправимый ущерб. Я имею в виду рекреационные леса, леса национальных парков и т. п. В этих местах следовало бы использовать более бережную технологию трелевки - трелевку с помощью канатной подвесной дороги, трелевку с перемещением древесины в полуподвешенном или полностью подвешенном положении. А как для использования такой технологии готовятся будущие менеджеры, которых вы готовите для практической жизни?

Когда я пишу, что подвесные канатные дороги должны работать на 10% фонда лесозаготовок, то привожу лишь свой собственный прогноз, поскольку я вообще не знаком с транспортной классификацией ваших лесонасаждений. Но даже 10% от тех миллионов кубометров ежегодных лесозаготовок составляют огромное количество. Даже 2% – и то много. Но если честно и откровенно, то как для использования такой экологической технологии подготовлены будущие менеджеры государственных управлений лесами, менеджеры лесхозов? Пока, наверное, никак или только теоретически, потому что в России в настоящее время лесные канатные подвесные дороги не работают. Апеллирую поэтому к роли пионера в этом деле – к вашему университету. В организации такого подготовительного центра мы вам с удовольствием поможем.

В заключение хочу выразить благодарность за осуществленное сотрудничество и надеюсь на его дальнейшее расширение. Как я уже отметил, снова и с нетерпением жду встречи со студентами и преподавателями на производственной практике у нас в Кржтинах в июле этого года.

А.В. Новоселов
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
novav.9@mail.ru

**ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА
КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ РАБОЧИХ
ДЛЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА
(VOCATIONAL TRAINING OF SKILLED WORKERS
FOR A WOOD COMPLEX)**

Описаны проблемы, возникающие при подготовке специалистов рабочих профессий при УГЛТУ.

Modern tendencies in vocational training of skilled workers in USFEU are described.

В период экономического кризиса проблема подготовки молодых рабочих кадров становится все более актуальной. Заводам, предприятиям нужны квалифицированные сотрудники, умеющие работать на современном оборудовании, спрос на таких сотрудников из года в год повышается. Отсутствие необходимого оборудования и кадров для подготовки в учреждениях профессионального образования влияет на уровень адаптации выпускников.

Начальное профессиональное образование в России переживает сложный период своего развития и становления. Можно определенно сказать, что оно находится в кризисной ситуации. Во многом это связано с падением престижа рабочих профессий в современном обществе. Рабочие специальности являются малопривлекательными для молодежи, ее не устраивают условия профессиональной деятельности: устаревшие производственные технологии, низкая заработная плата, социальный статус в обществе, перспективы дальнейшего профессионального роста и развития как личности в целом и т.д. Поэтому резко снизился приток молодежи в профессиональные училища.

В свою очередь, производство в условиях рыночной экономики более остро нуждается в квалифицированных рабочих. Сегодня социум переживает острый дефицит в специалистах многих рабочих профессий. Более того, данная проблема обостряется в связи со складывающейся неблагоприятной демографической ситуацией в России.

Проблеме подготовки рабочих кадров уделяют внимание на самом высоком уровне. В частности, Д.А. Медведев неоднократно в своих выступлениях говорил о поднятии престижа рабочих профессий.

При рассмотрении вопросов сбыта мебели Отдел производства потребительских товаров и малого предпринимательства Екатеринбурга отметил, что основной причиной низкого качества мебели является низкая квалификация рабочих при ее производстве. Как показывает практика, за станком оказываются люди, не имеющие основных знаний о древесине и технологии производства, а их обучение на производстве сводится только к освоению основных приемов работы на станке. Так называемое корпоративное обучение не оставляет за рабочим разряда при переходе на другое предприятие.

В связи с вышеперечисленными причинами руководством УГЛТУ было принято решение организовать на факультете довузовского и дополнительного образования при участии факультета механической технологии древесины курсы подготовки по следующим рабочим профессиям:

- «станочник деревообрабатывающих станков» (срок обучения 3 мес.);
- «наладчик деревообрабатывающего оборудования» (срок обучения 6 мес.);
- «оператор сушильного оборудования» (срок обучения 3 мес.).

После оповещения деревообрабатывающих и мебельных предприятий города об открытии курсов заявок на обучение профессиям так и не поступило. Основными причинами отсутствия заявок послужили нежелание руководства отвлекать рабочих от производственного процесса и финансовые трудности при обучении персонала. Поэтому первый набор слушателей был проведен из числа студентов старших курсов. После сравнения учебных планов специалистов и учебных планов рабочих профессий было принято решение дочитать недостающие дисциплины и провести производственную практику для работы непосредственно на деревообрабатывающих станках.

В период с декабря 2010 по апрель 2011 годов студенты закончили теоретический курс, успешно прошли производственную практику и наряду с получением диплома о высшем образовании получили и свидетельство о присвоении разряда по рабочей профессии.

На сегодняшний день также набрана группа слушателей курсов «станочник деревообрабатывающих станков» из числа студентов факультета среднего профессионального образования УГЛТУ. Согласно стандартам III поколения выпускники средних профессиональных образовательных учреждений обязаны иметь рабочую профессию.

Привлечение студентов на первом этапе в качестве слушателей курсов позволило нам освоить процесс обучения рабочим профессиям, а в дальнейшем повысить конкурентоспособность выпускников вуза на рынке труда.

Одной из трудностей, с которыми столкнулись организаторы курсов, было проведение производственных практик. Руководители производств неохотно трудоустраивают слушателей курсов на предприятия. Решением данной проблемы может быть социальное партнерство вуза с теми предприятиями, которые могут предоставить места прохождения производственных практик.

Одним из приоритетных направлений курсов является освоение новых форм взаимодействия и сотрудничества с предприятиями города и района в рамках «Учебного центра» при УГЛТУ.

Анализ спроса на рабочие профессии на предприятиях города выявил большую востребованность в кадрах, имеющих знания и навыки работы на оборудовании с ЧПУ. Перспективным направлением курсов является освоение подготовки по профессии «станочник ЧПУ».

*Н.Н. Черемных, О.Ю. Арефьева, Л.Г. Тимофеева,
Т.В. Загребина, Р.М. Ларионова,
А.И. Меньшикова, Т.С. Мышкина
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ*

НЕКОТОРЫЕ ВПЕЧАТЛЕНИЯ ОТ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕРНЕТ-ТЕСТИРОВАНИЯ ПО ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ (SOME IMPRESSIONS FROM THE RESULTS OF INTERNET-TEST ON THE GEOMETRICAL - GRAPHIC DISCIPLINES)

Приведены результаты интернет-тестирования основных специальностей УГЛТУ по геометро-графической подготовке.

Given the results of the Internet-test of basic specialties USFEU on the geometric and graphic training.

Общепризнанным фактом является значение графической грамотности для образования всесторонне развитой личности, в первую очередь для специалиста инженерного профиля. Язык инженерной графики есть форма выражения технической культуры. Графическая подготовка определяет потребность переработки и осмысления большого потока различной информации с необходимостью ее визуального представления. Даже в экономике, гуманитарных областях знаний налицо расширение предметной области иллюстративной и деловой графики. Объем знаний, умений, а главное, мы считаем, практические навыки, необходимые для технически грамотного представления любой информации средствами графики, определяют уровень подготовленности

студента для дальнейшего его обучения по общетехническим и специальным дисциплинам.

В последние 5 лет получило распространение различного вида тестирование знаний обучающихся в вузах. Под принципами контроля понимают основные дидактические требования к процессу контроля, выполнение которых обеспечивает его необходимую эффективность [1].

Для людей, много лет проработавших в технических вузах, напомним, что дидактика (от греческого – поучающий) – раздел педагогики, наука об обучении, исследующая законы, закономерности, принципы и средства обучения. Объектом дидактики является обучение. Основными задачами дидактики являются неизменные уже несколько столетий исследования проблем: чему учить и как учить.

Известный методист Басова Н.Н. считает основными принципами контроля профессиональную направленность, валидность, надежность, системность и систематичность [2].

Принцип *профессиональной направленности* контроля обусловлен целевой подготовкой специалиста. Наша кафедра начертательной геометрии и машиностроительного черчения уже достаточно давно уделяет особое внимание вопросам обеспечения профессиональной направленности наших геометро-графических дисциплин [3]. Мы уверены, что контроль, основанный на данном принципе, способствует повышению мотивации познавательной деятельности студента-лесотехника. Актуальность этого принципа подтверждается негативной тенденцией, когда к нам в УГЛТУ на инженерные специальности и направления приходят люди, изучавшие азы черчения в 15-17% случаев и то как правило в рамках школьного курса «Технология». Профессионально значимые компетенции формируются в ходе изучения различных дисциплин. Но начертательная геометрия и черчение являются важной компонентой базовой общеинженерной подготовки, закладывающей фундамент профессионального образования специалиста.

Стремительное падение уровня и качества подготовки учащихся в школе, массовость высшего образования (620 человек на 10 тысяч населения, или 75% выпускников школ и учебных заведений СПО, прямиком идут в вузы; при социализме на территории РФ только 170 человек на 10 тысяч населения имели возможность получать высшее образование), довольно высокий уровень абстрактности геометро-графических дисциплин – все это значительно осложняет работу кафедры со студентами на 1 - 3-м семестрах обучения.

Принцип *валидности* контроля обеспечивается его адекватностью целям обучения и по возможности большим количеством контрольных заданий. Адекватность контроля подразумевает его содержательную сторону (чему учили, то и спрашиваем). Примеры невалидности контроля: списывание во время контроля, подсказки, репетиторское натаскивание, снисходительность к студенту (болел, спортсмен, активист, участник художественной самодеятельности, из неблагополучной семьи, после службы в вооруженных силах и т.д.); предвзятое отношение преподавателя, использование метода контроля, реально не подкрепленного надлежащими условиями.

При соблюдении принципа валидности контроля при изучении (к примеру, на лекции) какого-либо материала необходимо его закрепление на практических занятиях, в домашних заданиях. Тогда говорят и о правомерности контроля, его применения.

Принцип *надежности* в педагогике заключается в том, что имеет место устойчивость результатов, т.е. если студент в семестре решал и оформлял, к примеру, задачи по начертательной геометрии на «хорошо» и «отлично» и на экзамене также не огорчил преподавателя, то мы имеем дело с надежностью знаний. При этом наши наблюдения

при интернет-контроле за последние 5 лет это подтвердили. Авторы работы [1] утверждают, что если контроль знаний имеет достаточную валидность, то он будет и надежным. При этом они заявляют, что, если контроль не охватывает всего объема знаний, он не может быть валидным.

Принцип *системности* при коллективной и индивидуальной формах контроля подразумевает, что преподаватель «при проектировании системы контроля по дисциплине определяет оптимальное сочетание форм контроля, планирует этапы, определяет условия проведения и организации коллективной и индивидуальной форм контроля с учетом целей контроля, содержания, роли обучающихся, функций и принципов различных видов и форм контроля» [1].

Принцип *систематичности* эти же авторы раскрывают отдельно для коллективной и индивидуальной форм контроля. В первом случае используются задания, требующие коллективного решения и контроля; во втором – присутствует регулярность проведения контроля на всех этапах изучения материала. Мы считаем, что первый случай в нашей работе практически не применим, так как это наиболее реально при выполнении комплексных курсовых и аттестационных работ у старшекурсников и дипломников.

Остановимся на результатах контроля знаний, которые мы получили в последние годы, принимая участие в федеральном интернет-тестировании по геометрическим дисциплинам.

Бесспорно, что тестирование такого уровня повышает ответственность преподавателей за качество усвоения учебного материала, стимулирует написание новых методических разработок и учебных пособий с грифом Минобрнауки России. Отметим, что у части студентов мы отмечали появление дополнительной мотивации для более серьезного отношения к аудиторной и самостоятельной работе, так как у нас существуют, особенно в последнее время, проблемы неадекватного восприятия студентами геометрического материала на начальном этапе обучения в вузе и на кафедре.

Основная тестовая база по блоку графических дисциплин разбита на 9 дидактических единиц (ДЕ). Студент должен дать ответы на 36 тестовых вопросов (каждая дидактическая единица – раздел дисциплины или ее части – состоит из 3-5 вопросов). При неверном ответе на два вопроса из трех ДЕ не зачитывается, что приводит к отрицательному результату тестирования в целом.

Много внимания уделяется проверке незначительных частных, по которым нельзя судить о знании предмета в целом. Мы десятилетиями видим свою основную задачу при передаче студента на кафедру «Детали машин» - научить пользоваться справочной литературой, в т.ч. ГОСТами системы ЕСКД, научить писать спецификацию (со всеми ее разделами), научить изображать резьбу на стержне, в отверстиях и в сборке, научить оформлять рабочий чертеж, определяя при этом рациональный формат, масштаб, необходимость и расположение проекций, видов, сечений, разрезов, выносных элементов, разрывов в изображениях, учитывая при этом технические требования, размеры для изготовления и контроля, т.е. азы технологии машиностроения. При оформлении чертежей общего вида ставилась задача выполнения необходимого числа проекций, видов и т.д., позволяющих «деталировщику» изобразить любую деталь на рабочем чертеже. Акцентировалось внимание на необходимости простановки габаритных (3-4 размера), присоединительных, монтажных, сопряженных размеров и размеров, характеризующих основные показатели изделия, на присутствие технической характеристики и технических требований.

Мы не считаем оправданным требование знать многие справочные данные на память. При проверке темы «Масштабы» мы сами десятилетиями не обращали внима-

ние на отсутствие масштаба 15:1 при наличии аналогичного масштаба уменьшения. Масштаб 1:15 в реальных технологических планировках, планах разработки лесосек, лесных складов прирельсовых и приречных мы также не встречали.

В дидактической единице «Аксонометрия» студентам предлагается знать 5 видов аксонометрических проекций, расположение их осей на картинной плоскости, размеры большой и малой осей эллипсов в нескольких видах аксонометрии. В настоящее время в связи с развитием трехмерной компьютерной графики в графических редакторах AutoCAD и КОМПАС с использованием таких программ, как Solid Works, легко создаются пространственные модели твердых тел. В учебных целях для развития пространственного мышления достаточно уметь строить прямоугольную изометрию.

Кафедра очень серьезно подошла к тестированию (были задействованы все преподаватели, подготовка велась в группах по 3-5 человек), получены следующие результаты.

Государственное аккредитационное тестирование (начало 2011г.): положительное тестирование в гр. ЛМФ-24; ЛХФ-11; ЛХФ-12; ИЭФ-22; ИЭФ-23. Отрицательный результат у групп ЛМФ-21 (механики ЦБП) – 32%. Группа не получила ни по одному проверяемому предмету необходимых 52%.

Тестирование (весна 2011г.): положительные итоги у ИЭФ-13, МТД-13, ЛМФ-21-22 (повторное тестирование), ЛМФ-18, ЛМФ-19. Не сдала группа ИЭФ-14 (0%), близка была к успешной сдаче группа МТД-14 (46%).

Результаты тестирования декабря 2011 плачевные.

В группе ИЭФ-22 только 16% студентов освоили все ДЕ (двое из 12 человек), хотя процент студентов, освоивших при этом ДЕ: 50; 83; 83; 75; 83; 91; 66; 66; 91. Группой было пропущено за 1- и 2-й семестры 74 и 78 человеко-часов при общем их количестве 390 и 260. На момент тестирования (3-й семестр) не имели зачета за 1-й семестр 3 человека, за 2-й семестр – 6 человек.

Группа ЛМФ-27 (эксплуатация транспортных средств): показатель итоговый 25% (четверо из 16 освоили все ДЕ). Не явились – 5 человек. Процент посещаемости 71 - 81. На момент тестирования не имели зачета за 1-й семестр 2 человека; за 2-й семестр – 1, не имели всех заданий за 3-й полугодие 80% (окончание занятий 25.10.2011г.). На момент подготовки статьи (апрель 2012г.) 30% студентов не сдали графические работы.

На ряде специальностей (направлений) количество ДЕ составляло 10.

По просьбе Якунина В.И. – председателя Головного научно-методического совета по НГ и ИГ РФ и Головного совета по научному направлению «Геометрическое моделирование, инженерная и компьютерная графика» Минобрнауки для сообщения на Коллегии Минобрнауки России был выслан материал на трех листах «Некоторые выводы (размышления) по поводу федерального интернет-тестирования геометрографических дисциплин для студентов лесотехнических направлений (специальностей)».

Было отмечено, в частности, что тестирование не способствует индивидуальной работе (а значит, и выявлению способных, продвинутых студентов-первокурсников к конструкторской деятельности в частности). Ведь по программе студент, к примеру, знакомится с 3 типами болтов по ГОСТ 7798-80, а в серьезных пособиях (Орлов П.И. Основы конструирования) их десятки. То же касается и типа шпилек, гаек, шайб (по программе у них всего 2 вида). На способного студента преподаватель теперь строит надежды как на надежного «зачетника», который «закроет» все 9 ДЕ из 9. Преподаватель не будет предлагать на занятии решать задачи изобретательского характера и лишней раз не будет приводить примеры междисциплинарного характера.

При этом резко усложняется работа преподавателя, который должен подготовить студентов, не изучавших черчение до вуза, пришедших в вуз безо всякого конкурса, контрактников, осознающих свою «непотопляемость», при посещаемости занятий 30 - 70% (относится ко всей массе студентов нашей кафедры), закрывается дорога в вуз конструкторам и инженерам с производства. Последние не могут понять, что полученные в вузе компетенции на основе ответов при интернет-тестировании по геометрическим дисциплинам, сопромату, деталям машин позволяют выпускнику сразу включиться в активную работу конструктором, технологом, исследователем в области техники.

Если и раньше выпускники УГЛТУ неохотно шли на преподавательскую работу, на нашу кафедру (работа в рамках расписания, трудность с хоздоговорной тематикой, практическая невозможность привлечения первокурсника к НИР, туманная перспектива получения ученой степени и ученого звания и др.), то в последние годы мы не смогли привлечь в наши ряды ни одного молодого специалиста. Работавшие после окончания аспирантуры на должности зав. лабораторией трое молодых специалистов доработали диссертации, защитили их и ушли на другие кафедры.

Библиографический список

1. Попцова Т.Ю., Зорина Э.М. Принципы педагогического контроля результатов обучения // Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации: межвуз. науч.-метод. сборник. Саратов: СГГУ, 2009.-281 с.

2. Басова Н.Н. Педагогика и практическая психология. Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. 354 с.

3. Черемных Н.Н. Необходимость сочетания традиций и инноваций в системе преподавания графических дисциплин студентам технических вузов / Н.Н.Черемных, Т.В.Загребина, О.Ю.Арефьева, Л.Г. Тимофеева, И.Т.Рогожникова // Деревообрабатывающая промышленность, 2008. № 3. С. 20-21.

Л.А.Чернышев
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
chernleo@mail.ru

БАЗОВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ ЭКОНОМИСТА - МЕНЕДЖЕРА (BASE SCOPES OF THE ECONOMIST- MANAGER)

Рассмотрены основополагающие в формировании профессионализма базовые компетенции, способствующие оптимизации деятельности в профессиональной сфере.

The basic in the formation of professionalism base scopes, facilitating the optimization of activity in the professional sphere are examined.

В современном обществе к специалистам предъявляются особенно высокие требования. В настоящее время многие российские компании не мыслят эффективную работу без хорошо обученного руководителя и рассматривают приобретённые им в высшей шко-

ле знания как совершенно необходимое и неотъемлемое качество. А вот чему нужно учить будущих специалистов и руководителей и как это делать — не столь очевидно.

Обратимся к исследованиям современного менеджмента. Джим Коллинз в своей знаменитой книге «От хорошего к великому» (2002), формулирует несколько фундаментальных принципов, которыми должен обладать современный руководитель. Вот первые три принципа [1]:

1) сочетание выдающихся личностных качеств и твердой профессиональной воли. Д.Коллинз для таких руководителей вводит специальный термин — «руководители 5-го уровня». «Мы были удивлены, и даже шокированы, когда поняли, какой тип руководства необходим для осуществления преобразований... Спокойные, незаметные, сдержанные и даже застенчивые, эти руководители представляют необычную комбинацию скромности и профессиональной воли»;

2) принцип «Сначала КТО, затем ЧТО». В компании должны быть только нужные люди. По утверждению Д.Коллинза, лидеры великих компаний знают три простые истины: «Первая, если вы начинаете с вопроса „кто“, а не „что“, вам легче будет приспособиться к окружающему миру... Вторая, если у вас на борту нужные люди, то проблема мотивации и управления исчезает сама собой. Нужные люди не нуждаются в непосредственном руководстве или стимулах; у них достаточно самомотивации, обусловленной внутренним стремлением добиться исключительных результатов в создании чего-то великого. Третья, если у вас на борту не те люди, то уже не важно, сможете ли вы выбрать правильное направление, вам все равно не удастся создать великую компанию. Великая стратегия без великих людей бесполезна». Исследования Д.Коллинза показали, что «нужные люди» отличаются от «ненужных» не специальными навыками, а качествами, которых нет в профессиональных реестрах;

3) «непоколебимая вера перед лицом суровых фактов». У команды компании должна быть вера в то, что они делают нечто стоящее и достигнут в этом успеха.

Из данных выводов явно следует, что в сердцевине, в самой основе профессионального успеха и рыночных достижений лежат личностные качества руководителя-менеджера и членов команды компании. Этот вывод подкреплен методичными и профессиональными исследованиями.

Существует еще одно основание для того, чтобы уделить первостепенное внимание развитию именно личностных качеств будущих менеджеров и ключевых специалистов компании.

Мир меняется поразительно быстро, технологии производства приходят на смену друг другу с такой скоростью, что специалистам приходится постоянно учиться, а условия бизнеса и обстановка меняют свой облик с огромной скоростью. В итоге это приведёт к тому, что долговременный успех организации или предприятия будет определяться не технологией или товаром (они все равно устареют через год - другой), а командой, сотрудниками и особенно руководителями. Сотрудникам важнее приобретать новые знания и новые навыки.

Быстрота изменений — это, пожалуй, определяющее свойство нашего времени, и оно пронизывает все сферы жизни. Такое положение было не всегда. Еще пару десятилетий назад, овладев какой-либо технологией в производстве или в управлении, можно было опираться на это в течение многих лет. Сейчас такого нет, и важным становится не текущее владение специальными навыками, а способность эти навыки быстро осваивать на основе получения новых знаний.

Основным богатством компании можно считать прикладной опыт, опыт обучения, преданность работе, лидерство, воспоминания, сторонние интересы, know-how, профессиональные навыки, человеческие отношения, брэнднейм, торговые марки, технологии, мате-

риальное обеспечение, базы данных, имидж и т.п. Перечисленные качества неосязаемы, но они помогают создавать осязаемые объекты лучше и дешевле, чем у конкурентов. Осязаемые материалы все больше и больше вытесняются неосязаемыми качествами.

Знания в перспективе пронизывают буквально все аспекты современной нашей деятельности. Будущее любой компании определяется ее умением создавать и накапливать знания, причем по-новому.

В экономике знаний процесс образования, обучения и самообучения должен быть постоянный и неформальный. В процессе познания должны постоянно использоваться «мозговые штурмы», кружки качества, неформальные обмены мнениями. Сам процесс обучения должен строиться вокруг поиска решений для реальной задачи.

С учетом быстрой смены обстановки усложняются планирование и прогнозирование социально-экономических процессов в обществе, что делает незаменимыми такие личностные качества, как «организационные инстинкты», интуиция, быстрота реакции, нестандартность мышления и принятия решений, адаптируемость, гибкость, пытливость.

Современно звучат слова одного из основателей американской школы бизнеса Л.Стэнфорда: «Я думаю, что одно лишь практическое образование не дает возможности успешно заниматься бизнесом. Необходимо культивировать и развивать воображение для того, чтобы гарантировать успех в жизни. Человек никогда ничего не создаст, если он не прочувствует своей идеи» [2]. Как же суметь прочувствовать свою идею?

Такую способность обеспечивают уже не только профессиональные знания и умения, а личностные качества человека, которые являются основой для овладения специальными знаниями и умениями. Принято выделять семь групп личностных качеств, о которых можно говорить, как о семи базовых измерениях личной силы человека (базовых компетенциях): 1) восприятие (внимательность, чувствование тонкостей и умение обучаться); 2) взаимосвязи (интеллект и коммуникация); 3) выбор (чувствительность к «правильному», адекватному); 4) активность (преодоление препятствий, преобразующие действия и тактическая активность); 5) воля (гибкость, осознанность и умение концентрироваться); 6) вера (в успех, в себя, в людей, в Мир); 7) мудрость (чувство ограничений и времени, дисциплина и стойкость, выдержка и терпение).

Для наглядности взаимосвязь групп базовых личностных качеств можно представить на диаграмме (рисунок).



Взаимосвязь базовых личностных качеств руководителя

Получившийся «портрет» личности будущего специалиста и руководителя конечно труднодостижим для реального человека — однако каждый может и обязан стремиться к этому.

Действие такого «портрета» выглядит следующим образом: в начале любого проекта нужно собрать сведения и вникнуть в существо дел, т. е. необходимы качества *восприимчивости*. Затем надлежит все обдумать, поговорить об этом, составить бизнес-план и т.п., т. е. нужны качества группы *взаимосвязи*. Далее выбираются тактические пути осуществления бизнес-плана, т. е. необходимы качества группы *выбор*.

В течение всего процесса осуществления проекта необходимы качества группы *воля*. Они придают проекту наполненность и силу, и особенно важны в тех случаях, когда возникают препятствия и трудности.

На стадии практической реализации социального проекта очень важными становятся качества группы *активность*. А качества *веры* придают уникальность проекту, наполняют его особым смыслом, рождают вдохновение, позволяют не сдаваться и продолжать бороться в критической ситуации.

Последняя группа качеств — *мудрость* имеет выделенное положение. Она соответствует глубокому осознанию целостности и взаимосвязанности явлений, окружающих человека.

Владение базовыми личностными качествами и знаниями необходимо каждому современному специалисту и руководителю для их эффективной деятельности в любой современной компании. И тогда кадры, действительно, решают все.

Библиографический список

1. Джим Коллинз. От хорошего к великому. Стокгольм: "Манн, Иванов и Фербер", 2008, 320 с.
2. Stanford Charles L. The quest for Paradise Urbane. University of Chicago Press, 1961.

СОДЕРЖАНИЕ

МЕНЕДЖМЕНТ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

| | |
|--|----|
| Басманов С.И. Лесозэкспортный потенциал Свердловской области и уровень его использования | 4 |
| Бирюков П.А., Кузьмина М.В., Булах С.А. К оценке экспортных возможностей малого лесного предпринимательства в регионе | 7 |
| Бирюков П.А., Кузьмина М.В., Бунькова Ю.М. Лесные аукционы в регионе – индикатор развития лесного бизнеса | 10 |
| Добрачев А.А., Мехренцев А.В., Стариков Е.Н. Стратегические направления развития уральского лесного технопарка на период до 2016 года | 14 |
| Добрачев А.А., Стариков Е.Н. Уральский лесной технопарк: достижения и перспективы | 20 |
| Долбня А.М. Некоторые проблемы энергообеспечения лесной отрасли | 25 |
| Зотов Ф.П. Обеспечение конкурентоспособности лесопромышленной продукции на зарубежных рынках | 28 |
| Кириченко В.М., Пиджаков А.В., Шарапудинова С.В. Разработка бизнес-плана ООО «Фортис М» на новую серию мебели эконом-класса | 30 |
| Мезенова В.В., Прядилина Н.К., Боталова А.Н. Оценка использования на малых лесопильных предприятиях Екатеринбурга ленточнопильных станков отечественного производства | 34 |
| Добрачев А.А., Мехренцев А.В., Мехренцева А.А., Тюменцев В.Я. Ресурсы возобновляемых источников энергии на Среднем Урале | 38 |
| Прешкин Г.А., Астратова Г.В. Маркетинг стоимости лесных ресурсов | 44 |
| Шпак Н.А. Перспективы развития современных технопарков на примере Уральского лесного технопарка | 46 |

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ЗАГОТОВКЕ, ПЕРЕРАБОТКЕ И ОТДЕЛКЕ ДРЕВЕСИНЫ

| | |
|--|----|
| Агапов А.И. Оптимизация раскроя сегмента с учетом ширины пропила | 53 |
| Бегункова Н.О. Формирование качества поверхности строганого шпона | 59 |
| Божелко И.К., Снопков В.Б. Биозащита деревянной шпалопродукции | 64 |
| Ведерников О.Н., Сергеев В.В., Меньшиков Б.Е. Комплексы для сушки древесины | 67 |
| Ведерников О.Н. Сушка, прогрев древесины и их особенности | 73 |
| Ветошкин Ю.И., Коцюба И.В., Шайхлисламова Л.И., Миннуллина Г.З., Шейкман Д.В. Химико-механическая модификация древесины осины | 76 |
| Воробьев А.А., Спицын И.Н., Филиппов Ю.А. Получение зависимости шероховатости процесса фрезерования от виброскорости с учетом анизотропии предела прочности древесины | 79 |
| Гайда С.В. Физико-механические свойства древесностружечных плит из вторично используемой древесины | 86 |
| Гороховский А.Г., Шадрина Е.В. Экспериментальное прогнозирование чиночных свойств карандашей из клееной дощечки | 91 |
| Добрачев А.А., Волкова М.Л. Термомодифицированная древесина – материал будущего? | 96 |

| | |
|---|-----|
| Запрудина А.В., Ветошкин Ю.И. К вопросу формирования защитно-декоративного покрытия на изделиях из смолистой древесины | 99 |
| Игнатович Л.В., Утгоф С.С. Ресурсосберегающая технология многослойных паркетных покрытий | 102 |
| Карапетян М.А., Раевская Л.Т. Инновационные технологии утилизации комлевой части ствола | 106 |
| Комиссаров А.П., Савина В.В., Самаркин Е.Р., Синегубова Е.С. Повышение эффективности сушки пиломатериалов некоторых пород древесины | 109 |
| Кравченко А.С. Бобровский С.Э. Расчет силовых показателей оцилиндровки древесины с получением технологической щепы | 114 |
| Кравченко А. С. Бобровский С. Э. Оцилиндровка древесины способом цилиндрического фрезерования | 117 |
| Мартинек Я. Использование технологии канатных подвесных дорог – условие для экологической эксплуатации леса | 121 |
| Пардаев А.С. Аналитическое описание деформаций деревянных клееных конструкций при усушке и разбухании | 123 |
| Раповец В. В., Бурносов Н. В. Зависимость геометрических размеров технологической щепы от параметров двухлезвийных ножей при обработке древесины на фрезерно-брусующих станках | 128 |
| Рублева О.А. Оценка качества шипового соединения дифференциальным методом | 135 |
| Рудак О. Г., Снопков В. Б. Изменение тепловых свойств древесины в период прогрева в ненасыщенной среде | 141 |
| Совина С.В. Пигментированные лакокрасочные системы для древесины и древесных материалов | 148 |
| Стаутмайстер Т., Трофимов С.П. Адаптивное управление участками гибких автоматизированных производств в деревообработке | 150 |
| Стенина Е.И. Исследование технологичности огнебиозащитных препаратов | 156 |
| Стенина Е.И., Фролова Т.И. К вопросу биозащиты деревянных опор | 162 |
| Тютиков С.С., Савина В.В. Производство ЛУДП из древесных отходов в Соликамске | 164 |
| Федоренчик А.С., Гайдукевич Д.М. Технология производства пеллет на базе импортного гранулятора | 167 |
| Костюк О.И., Фридрих А.П. Технология механической обработки древесины методом шлифования | 170 |
| Швамм Е.Е., Швамм Л.Г. К вопросу изготовления оцилиндрованных бревен ... | 176 |
| Швамм Е.Е., Швамм Л.Г. Весовой учет лесных товаров | 178 |
| Гороховский А.Г., Шишкина Е.Е. Определение скорости естественной циркуляции воздуха в лесосушильной камере | 180 |
| Шишкина С.Б., Яцун И.В., Ветошкин Ю.И., Грачева Ю.С. Способ облагораживания поверхности композиционных плитных материалов для придания им рентгенозащитных свойств | 185 |
| Якимович С.Б., Тетерина М.А. Сохранение подроста и синхронизация машин в системе «Харвестер – Форвардер» | 187 |
| Яцун И.В., Каменщикова А.А., Одинцева С.А., Яцун А.М. Исследование рентгенозащитных свойств армирующего слоя композиционного материала на основе древесины | 194 |

**ДЕРЕВООБРАБОТКА В МАЛОЭТАЖНОМ И ИНДУСТРИАЛЬНОМ
ДОМОСТРОЕНИИ**

| | |
|---|-----|
| Астратова Г.В. Проблемы рынка недвижимости и деревянного домостроения в условиях вступления России в ВТО | 197 |
|---|-----|

**ПРОГРЕССИВНОЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ
И ИНСТРУМЕНТ**

| | |
|--|-----|
| Абдулов А.Р., Новоселов В.Г. Исследование износостойкости стальных ножей при черновом фрезеровании древесины | 209 |
| Алифанов А.В., Гришкевич А.А., Гаранин В.Н., Чаевский В.В. Особенности формирования TiN-покрытий на ножах хвостовых фрез при обработке плитных материалов | 212 |
| Белый А.В., Чаевский В.В., Гришкевич А.А., Гаранин В.Н., Углов В.В. Эффективность применения TiN-покрытий на твердосплавных ножах хвостовых фрез при резании ламинированных ДСтП | 218 |
| Власов А.В. Методика выбора числа оборотов круглых пил | 222 |
| Глебов И.Т., Глебов В.В. О стойкости и пределе выносливости хвостовой фрезы для обработки фанеры | 228 |
| Глебов И.Т., Глебов В.В. Выбор делительного круглопильного станка | 232 |
| Глебов И.Т., Глебов В.В. Расчет мощности круглопильного раскрывочного станка | 237 |
| Глебов И.Т., Шевченко А.И. Затупление зубьев дереворежущего инструмента ... | 244 |
| Дахиев Ф.Ф., Швец Ф.В., Раевская Л.Т. Математическое 3D-моделирование при решении проблем кинематики механического манипулятора | 247 |
| Казакова А.В., Корелин Д.В., Новоселов В.Г. Исследование и выбор шлифовальных кругов на основе ППУ | 251 |
| Кириченко В.М., Шабалин Л.А. Деформации элементов пильной рамки тарной лесопильной рамы | 254 |
| Красиков А.С., Кузьминых А.Е. Наладка и настройка рейсмусовых станков | 258 |
| Кузнецов А.И., Шимон Е.В., Новоселова М.В., Николаева Т.Ю. Определение действительного диапазона измерения мощности лазерного излучения станка VL4060 | 261 |
| Кузнецов А.М., Спицын И.Н. Влияние различных факторов на выбор вида и режима вальцевания ленточных пил | 264 |
| Полякова Т.В., Новоселов В.Г. Влияние жесткости системы (СПИД) «Станок-приспособление-инструмент-деталь» на точность продольного цилиндрического фрезерования древесины | 270 |
| Рогожникова И.Т., Новоселов В.Г. Об участии лезвий многолезвийного инструмента в формировании поверхности при фрезеровании древесины | 274 |
| Рудак П.В., Куис Д.В. Триботехнические испытания твердосплавных неперетачиваемых режущих пластин с покрытиями при цилиндрическом фрезеровании древесностружечных плит | 278 |
| Сулинов В.И., Шевелев П.В. Проектирование специальной сборной фрезы для обработки профильных поверхностей | 284 |
| Углов В.В., Кулешов А.К., Русальский Д.П., Чаевский В.В., Гришкевич А.А. Повышение износостойкости твердосплавного деревообрабатывающего инструмента с помощью химико-термической обработки | 288 |

| | |
|--|-----|
| Хвиюзов М.А., Галашев А.Н. Применение пирометрического метода контроля нагрева режущего инструмента круглопильного станка | 292 |
| Шабалин Л.А., Старицын А.В., Старцев С.А. Модернизация механизма поворота машины лесной охраны | 294 |

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИИ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

| | |
|--|-----|
| Потапова Е.В. Оценка эколого-экономических рисков | 297 |
| Потапова Е.В. Математические подходы к оценке вероятности проявления негативных событий в окружающей среде | 300 |
| Потапова Е.В. Риск-анализ ущерба лесам от пожаров | 303 |
| Старжинский В.Н., Гагарин Д.Р., Завьялов А.Ю., Совина С.В. Акустические характеристики сотового поликарбоната | 309 |
| Чумарный Г.В. Об оценке воздействия производственных факторов на работников деревообрабатывающего предприятия | 313 |

ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИНЖИНИРИНГА В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

| | |
|---|-----|
| Арефьева О.Ю., Черемных Н.Н. Интеллектуализация конструкторско-технологического проектирования | 318 |
| Ларионова Р.М. Особенность подготовки специалистов по земельному кадастру по дисциплине «Компьютерная графика» | 321 |
| Мартинек Я. 10 лет сотрудничества с УГЛТУ | 322 |
| Новоселов А.В. Профессиональная подготовка квалифицированных рабочих для лесного комплекса | 324 |
| Черемных Н.Н., Арефьева О.Ю., Тимофеева Л.Г., Загребина Т.В., Ларионова Р.М., Меньшикова А.И., Мышкина Т.С. Некоторые впечатления от результатов интернет-тестирования по геометро-графическим дисциплинам | 326 |
| Чернышев Л.А. Базовые компетенции экономиста-менеджера | 330 |

**ДЕРЕVOOБРАБОТКА:
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ,
МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА**

**ТРУДЫ
VII МЕЖДУНАРОДНОГО
ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА
23-24 мая 2012 г.**

Научный редактор В.Г. Новоселов

Редакторы Михайлова Е.Л., Корнева К.В., Сайгина Р.В., Ленская А.Л.
Компьютерная верстка О.А. Казанцевой

Подписано в печать 07.11.2012

Формат 60×84 1/8

Печать офсетная

Уч.-изд. л. 19,06

Усл. печ. л. 45,1

Тираж 100 экз.

Заказ №

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
Тел.: 8(343)262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Отпечатано с готового оригинал-макета
Типография «Уральский центр академического обслуживания»
620990, Екатеринбург, ул. Первомайская, 91