

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УРАЛЬСКИЙ ЛЕСНОЙ ТЕХНОПАРК
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ И НАУКИ СВЕРДЛОВСКОЙ
ОБЛАСТИ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЛЕСНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
(IUFRO)
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**

ДЕРЕВООБРАБОТКА:

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА

**ТРУДЫ
II МЕЖДУНАРОДНОГО
ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА**

УДК 674

Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды II международного евразийского симпозиума / Под научной ред. В.Г. Новоселова – Екатеринбург, 2007. – 305 с.

ISBN 978-5-94984-127-3

В книгу трудов включены доклады II международного евразийского симпозиума “Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века”, проходившего 2 –5 октября 2007 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 ученого совета факультета механической технологии древесины Уральского государственного лесотехнического университета

Оргкомитет благодарит за поддержку в организации и проведении международного симпозиума и издании настоящих трудов Правительство Свердловской области, Уральский государственный лесотехнический университет, Уральское отделение Секции науки о лесе Российской академии естественных наук, Ассоциацию инженерного образования России, Уральский союз лесопромышленников, Уральский научно-исследовательский институт переработки древесины, Международный союз исследователей лесных организаций IUFRO, Международную академию наук экологии и безопасности жизнедеятельности, Белорусский государственный технологический университет, Ассоциацию организаций и предприятий деревообрабатывающего машиностроения «ДРЕВМАШ», Ассоциацию деревянного домостроения.

Программный комитет:

Азаренок В.А., Гороховский А.Г., Жарский И.М., Залесов С.В., Киреев Н.Д., Мехренцев А.В., Русак О.Н., Старжинский В.Н., Васильев А.Н., Черных А.Г.

Организационный комитет:

Залесов С.В., проректор по научной работе, председатель, Тракало Ю.И., декан ФМТД, зам. председателя, Газеев М.В., зам. декана ФМТД, зам. председателя, Новоселов В.Г., отв. секретарь, Бирюков П.А., Герц Э.Ф., Глебов И.Т., Копнов В.А., Левинский Ю.Б., Часовских В.П., Черемных Н.Н., Чернышев О.Н., Василенко Л.В., Юрьев Ю.Л.

Ответственный за выпуск сборника Новоселов В.Г.

Компьютерная верстка: Щепочкин С.В.

Дизайн обложки: Вараксина В.А.

Статьи помещены в книгу без правки и редактирования

ISBN 978-5-94984-127-3 © Уральский государственный лесотехнический университет

К УЧАСТНИКАМ СИМПОЗИУМА

Дорогие коллеги!

Как известно, во всех развитых странах деревообработка является весьма доходным бизнесом, что обусловлено особенностями сравнительно короткого и недорогого процесса переработки сырья в готовую высокотоварную продукцию, востребуемую практически во всех сферах производственной и социальной человеческой деятельности. Замечательные эстетические, эргономические и экологические свойства этого материала наряду с высокой технологичностью привлекали и всегда будут привлекать потребителей изделий из него. Это обеспечивает устойчивый спрос на продукцию деревообработки, создает предпосылки эффективного ведения производства и делает заманчивым инвестирование в данную область.

Научному рассмотрению вопросов совершенствования техники и технологии деревообработки на всех переделах - от получения круглых лесоматериалов до готовых изделий, связанных со всеми проблемами - от организационно-юридических до экологии и безопасности производств был посвящен I международный евразийский симпозиум «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века». Он проводился в УГЛТУ 20-21 сентября 2006 года по инициативе кафедры станков и инструментов на базе факультета механической технологии древесины.

Инициатива нашла поддержку в ректорате университета, в Уральском союзе лесопромышленников, в Правительстве Свердловской области, в Уральском НИИ переработки древесины, в Секции наук о лесе Российской академии естественных наук, Международной академии экологии и безопасности, в Белорусском государственном технологическом университете и в других организациях.

Международный евразийский статус симпозиума был подтвержден соответствующим составом Программного комитета и кругом его участников. В программу симпозиума вошло 62 доклада, подготовленных 75-ю авторами, представляющими как кафедры семи факультетов нашего университета, так и девяти российских и зарубежных организаций, в том числе: Уральского НИИ переработки древесины, Уральского государственного горно-геологического университета, Института химии твердого тела УрО РАН, Тюменской государственной сельскохозяйственной академии, Тюменского завода пластмасс, Сухоложского лесхоза, Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии, Нижегородского государственного технического университета, Белорусского государственного технологического университета.

В рамках симпозиума был организован информационный Интернет-сайт <http://symposium.forest.ru>, на котором представлены все подготовленные материалы, напрямую доступные во всемирной сети, организован форум участников и гостей. Издан сборник трудов.

Положительный опыт проведения симпозиума и значимость его результатов, подвигли организаторов на повторение данного мероприятия, которое в нынешнем году проводится совместно с III межрегиональной выставкой "Деревянный дом. Технологии и материалы. Дерево в интерьере" – 2007 в КОСКе «Россия». Данная тематика нашла отражение и в работе симпозиума.

От имени оргкомитета симпозиума выражаю признательность всем, кто откликнулся на приглашение принять в нем участие, организациям, оказавшим поддержку, и спонсорам, взявшим на себя часть расходов по его проведению.

*Зав. кафедрой станков и инструментов,
проректор по экономике и работе с персоналом УГЛТУ В.Г.Новоселов*

Проблемы менеджмента деревообрабатывающих предприятий и взаимоотношений предпринимателей с властью

Копнов В.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) kopnov@institut-kachestva.ru

ОТ УПРАВЛЕНИЯ К МЕНЕДЖМЕНТУ КАЧЕСТВА ПО 9001:2000

FROM CONTROL TO MANAGEMENT WITH ISO 9001:2000

Стандарт ISO 9001:2000 дает достаточно информации лидерам бизнеса, почему они должны внедрять, и в каком виде следует развертывать систему менеджмента качества (СМК). В современном мире СМК это – не система обеспечения качества, а система менеджмента, обеспечивающая непрерывное улучшение процессов в организации. Кроме того, это – инструмент маркетинга, с применения которого все и начинается. Требуется разобраться, как организация понимает требования рынка и общества, их устремления и желания, а в первую очередь конкретного потребителя, как воплощает эти требования и как их предвосхищает. Заканчивается этот процесс узнаванием и оценкой степени удовлетворенности заказчиков от взаимодействия с организацией с тем, чтобы произвести необходимые корректирующие действия с целью постоянного повышения удовлетворенности клиентов, а возможно и всех заинтересованных сторон.

Термин «управление» используется практически во всех сферах жизнедеятельности человека. В различных информационных источниках содержатся разнообразные определения термина «управление». В общем случае под управлением понимается как процесс целеполагания, так и деятельность по достижению поставленной цели.

В последнее время все больше используется термин менеджмент для замены управления. Дело в том, что для одного русского слова управление существует два английских аналога: management и control. Разницу между ними можно поискать в толковых словарях английского языка и обнаружить примерно следующее принципиальное различие, представленное в следующей таблице.

Management	Управление	Организацией
Control		Технической системой

Чтобы уяснить по-простому, когда следует использовать термин менеджмент, а когда – управление, можно придерживаться следующего правила: если между управляющим человеком и объектом управления стоит еще один человек, и управляющий может воздействовать на объект управления только через человека-посредника, то следует использовать термин менеджмент.

В соответствии с этим, когда мы говорим об управлении качеством, то ему соответствует фраза quality control, а если о менеджменте качества, то используется quality management. Кратко приведем формальное определение менеджмента качества из стандарта ISO9000:2005.

Менеджмент качества – скоординированная деятельность по руководству и управлению организацией применительно к качеству.

Любая организация управляема. Лучшим подходом к управлению организацией может считаться системный подход, когда организация:

- задает цели;
- идентифицирует процессы, приводящие к этим целям;
- управляет этими процессами, как взаимосвязанными элементами;
- управление осуществляется на основе результативности и эффективности.

Очень часто происходит недопонимание того, что достижение целей не является единственным критерием того, хорошо или плохо работает организация. Существенно, чтобы функционирование организации осуществлялось результативно и эффективно:

- результативность – степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов;
- эффективность – связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами.

Нередко под эффективностью понимается лишь экономическая эффективность, что является несколько ограничительным. Эффективность организации скажет нам, насколько хорошо мы работаем в отношении использованных ресурсов: как расходуются финансовые средства, на сколько загружен персонал, какова доля доходов на одного сотрудника, процент загрузки оборудования и т.п.

Результативность же несколько другой критерий оценки функционирования организации, по сути это вопрос выполнения планов и достижения целей. В реальности нам требуется еще знание, например, процента выполненных контрактов в срок; процента контрактов, выполненных с отклонениями; на сколько полно выполняются графики работ и т.д.

Исходя из этих соображений, видно, что при управлении организацией может быть несколько критериев оценки ее функционирования, что, вообще говоря, приводит к некоторой путанице, если во главу угла не поставлена главная цель – удовлетворение потребителя производимой продукцией.

В принятой терминологии считается, что продукция – результат процесса. Приведенное выше определение говорит о том, что когда речь идет о продукции, то может подразумеваться не только некоторая товарная продукция, но и услуга, что часто обозначается в формате: продукция/услуга, чтобы подчеркнуть безразличность того к производству чего, мы применяем методы менеджмента.

И, наконец, дадим определение того, что же такое система менеджмента организации с точки зрения стандартов ISO серии 9000. Система менеджмента - система для разработки политики и целей и достижения этих целей. Система менеджмента организации может включать различные системы менеджмента, такие как система менеджмента качества, система менеджмента финансовой деятельности или система менеджмента охраны окружающей среды.

Приведенное здесь определение "системы менеджмента" несколько отличается от многих других описаний этого термина, принятых в среде «традиционного» вузовского менеджмента. Мы здесь осуществляем переход от общего менеджмента, привычно оперирующего такими терминами как стратегический менеджмент, преобразующий

менеджмент и т.п., к терминам, предпочитающим прямые дополнения, например, менеджмент качества, менеджмент безопасности, менеджмент финансов и т.д.

Система менеджмента качества основывается на политике качества и является частью системы менеджмента организации. Система менеджмента качества ориентирована на достижение целей качества, удовлетворение нужд и ожиданий ее заказчиков.

Система менеджмента организации зависит от задач организации, вида производимой продукции и конкретного практического опыта. Поэтому системы менеджмента качества организаций различны.

Главная цель общего руководства качеством — такое совершенствование систем и процессов, при котором можно добиться постоянного улучшения качества и, как следствие, увеличения удовлетворенности заказчика.

Система менеджмента качества организации предназначена, прежде всего, для удовлетворения внутренних потребностей управления организацией. Она шире, чем требования определенного потребителя, который оценивает только ту часть системы качества, которая относится к этим требованиям.

Цели в области качества дополняют другие цели организации, такие как расширение продаж, увеличение денежных средств, безопасность персонала и защита окружающей среды. Различные части системы управления организации могут быть объединены вместе с системой менеджмента качества, в единую, связующую унифицированную систему управления, использующую общие элементы. Это может способствовать планированию, распределению ресурсов, установлению взаимодополняющих целей и оценку эффективности.

Цели в области качества устанавливаются для обеспечения стратегических ориентиров при руководстве организацией. Эти цели качества устанавливают желаемые результаты и руководят организацией в применении ее ресурсов для достижения этих целей. Поэтому необходимо, чтобы цели в области качества были измеряемыми и достижимыми. Масштабы системы менеджмента качества должны соответствовать целям в области качества, устанавливаемых исходя из намерений и направлений деятельности организации в области качества, официально сформулированных руководством, т.е. политики в области качества.

Установив систему менеджмента качества, можно начать ее использование для улучшения продукции и услуг в целом. Один из основоположников философии качества Деминг отмечает, что 85% всех проблем относятся к управлению. При установленной системе менеджмента качества проблемы управления легче распознать и принять соответствующие меры. Постепенно этот процесс захватывает всю организацию, включая такие области, как получение заказов, бухгалтерию, услуги, проект, персонал и, конечно, производственные участки.

Система менеджмента организации может быть оценена в сравнении с собственными требованиями к системе управления организации. Система менеджмента может также быть проверена на соответствие требованиям других международных стандартов, таких как ISO 14001 или OHSAS 18001. Эти аудиты системы управления могут быть проведены отдельно или совместно в случае создания интегрированных систем менеджмента.

Сертифицированные по ISO 9001 организации рассматриваются как лидеры в своем секторе рынка и тем самым имеют маркетинговое преимущество при участии в

тендерах и при заключении контрактов. ISO 9001 аргументировано вдохновляет компании расширять свой рынок, искать новых клиентов, прежде недоступных для них, поскольку они не имели необходимого кредита доверия для подачи заявок на контракты. Сертификат по ISO 9001 выравнивает возможности компаний в части доверия к ним как к серьезным поставщикам, управляющим качеством своей продукции до, в процессе производства и при послепродажном обслуживании в зависимости от требований заказчика.

Казанцева Н.К., Синегубова Е.С. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
sines@yandex.ru

РОЛЬ СТАНДАРТИЗАЦИИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

THE MODERN ROLE OF FOREST COMPLEX'S STANDARTIZATION

В условиях рыночной экономики стандартизация, в качестве одного из элементов технического регулирования, может обеспечить вклад в экономический рост, превышающий соответствующие показатели от внедрения патентов и лицензий. По данным экспертов в Германии, например, треть ежегодного экономического прироста многие годы относилась к эффекту от применения стандартов.

О масштабах и эффективности работ по стандартизации в США свидетельствует такой факт, что общая сумма вложений промышленности и правительственных организаций в различные виды деятельности, связанные с разработкой и применением стандартов достигла 70 млрд. долл. в год, а прибыль в некоторых случаях – до 1000%.

Однако проблемы стандартизации в России не позволяют получить такие потрясающие результаты.

Каковы же эти проблемы?

1. Низкий динамизм стандартизации. При парке в 24600 стандартов его ежегодное обновление должно составлять минимум 3,5–4 тыс. стандартов. В последнее время максимальное число пересмотренных и вновь утвержденных стандартов составило 900 единиц в год. Фонд стандартов стремительно стареет, и при этом нет ясной перспективы ускорения темпов этой работы. Планирование стандартизации осуществляется в годовом разрезе, тогда как, например, в Японии действует система 5-10 летнего и годового планирования. При разработке стандартов не учитываются прогнозы развития науки и техники, хотя Академия стандартизации, метрологии и сертификации имеет материалы прогнозирования с глубиной 30 лет. Другая сторона низкого динамизма – недостаточные темпы освоения международных, региональных и национальных стандартов: перевод, редактирование, утверждение, внедрение. Многие международные стандарты даже не переведены.

2. Слабая работа в области технологической стандартизации. Работы по стандартизации и внедрению передовой технологии взаимно не увязаны. Особо эффективно такая увязка действовала бы на предприятиях малого и среднего бизнеса.

3. Низкое качество работы технических комитетов. Имея глубокие познания в конкретных отраслях деятельности, члены комитетов слабо знакомы с теорией и практикой международной и отечественной стандартизации.

4. Необходимость восстанавливать утерянные в последние десятилетия службы по стандартизации на предприятиях.

По закону «О техническом регулировании» стандартизация осуществляется в соответствии с принципами:

- добровольного применения стандартов;
- максимального учета при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц;
- применение международного стандарта как основы разработки национального стандарта, за исключением случаев, когда такое применение признано невозможным.

В Европейских документах добровольность применения стандартов обозначена более корректно: рекомендуется к применению. По европейскому законодательству и на практике нет понятия «добровольность»: если вы пришли работать в ту или иную сферу деятельности, то все, что рекомендуется для этой сферы, вы должны использовать целиком.

Федеральный закон «О техническом регулировании» определяет следующие цели стандартизации:

- ◆ повышение уровня безопасности жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного или муниципального имущества, экологической безопасности, безопасности жизни и здоровья животных и растений и содействия соблюдению требований технических регламентов;
- ◆ повышение уровня безопасности объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- ◆ обеспечение научно-технического прогресса;
- ◆ повышение конкурентоспособности продукции, работ и услуг;
- ◆ рационального использования ресурсов;
- ◆ технической и информационной совместимости;
- ◆ сопоставимости результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико-статистических данных;
- ◆ взаимозаменяемости продукции.

Таким образом, в современных условиях у стандартов две функции:

1. Прежде всего, стандарты должны быть взяты за основу при разработке технических регламентов.

2. Стандарты могут служить той доказательной базой, которая позволяет выполнять требования технического регламента.

Понятно, что при этом роль стандартов существенно возрастает. В основе технического регулирования был, есть и остается стандарт.

Сегодня возникает закономерный вопрос, достаточна ли действующая нормативная база с точки зрения полноты охвата выпускаемой и импортируемой продукции, методов ее контроля, требований к упаковке, маркировке, транспортированию, а также способам утилизации и уничтожения, требованиям к отходам ее производства, требованиям к вторичным материалам.

Проведем небольшой анализ фонда национальных стандартов на отдельные группы продукции с учетом предлагаемых к разработке и введению технических регламентов.

Фонд национальных стандартов нашей страны составляет более 24600 стандартов, Структура фонда национальных стандартов представлена на рисунке, из них с международными стандартами гармонизировано около 37%.



Рисунок – Структура фонда национальных стандартов России

В отечественной индустрии нефтегазовая отрасль является одной из ведущих. Накоплен большой опыт по разработке и внедрению стандартов на нефть, нефтепродукты и газ. Основную долю около 90 %, составляют стандарты на нефтепродукты, их них около 65% - на методы испытаний. Работы по стандартизации нефтепродуктов ведут 4 технических комитета по газу. Работы в области стандартизации нефти проводит институт проблем транспорта энергоресурсов. Из 216 международных стандартов (в основном на методы испытаний) в РФ введено 40.

В лесном комплексе, как одном из самых сложных и разнообразных, главное внимание уделяется лесоматериалам, являющимся объектом экспортно-импортных поставок, в части методов измерений, а также подготовки комплекта нормативных документов для поэтапной интеграции лесобумажной продукции на мировой рынок, повышения эффективности российского лесного экспорта, что определено Основными направлениями развития лесной промышленности, утвержденными Правительством РФ.

В настоящее время на лесопромышленную продукцию действуют 685 стандартов, половина из которых – на методы измерений и испытаний. Работы по стандартизации осуществляют 9 технических комитетов. Из 345 международных стандартов введено в России только 53. Большинство действующих национальных стандартов на лесоматериалы введены в действие почти 30 лет назад и срок их действия периодически продлевается без какой-либо существенной переработки стандартов, следовательно, и конкурентоспособность такой продукции соответственная.

По мнению авторов для кардинального изменения ситуации необходимо в первую очередь, понимание важности роли стандарта, не как самого по себе современного

документа, а именно, как инструмента, способного запрограммировать и создать такую продукцию лесопромышленного комплекса, которая востребована, конкурентоспособна и содержит результаты переработки.

Такую задачу возможно решить через создание координирующего комитета по стандартизации лесопромышленного комплекса. Кстати сказать, именно таким путем идут две наиболее развивающиеся и продвинутые отрасли народного хозяйства РФ, а именно: нефтегазовая отрасль и строительство.

Библиографический список

1. Казанцева, Н.К. Вопросы технического регулирования / Н.К. Казанцева; Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2006. – 128 с.
2. Пугачев, С. Стандартизация в рамках реформы технического регулирования / С. Пугачев // Стандарты и качество. – 2004. – № 10. – С. 8–11.
3. Пугачев С. Стандартизация: место и роль в системе технического регулирования / С. Пугачев // Стандарты и качество. – 2003. – № 10. – С. 9–12.

Бiryukov П.А., Сыsoева С.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

НАУКОЕМКОСТЬ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ – ВИРТУАЛЬНАЯ ИЛИ РЕАЛЬНАЯ ТРАКТОВКА ТЕРМИНА?

SCIENCE INTENSIVETY OF THE FOREST INDUSTRY – IS THE TERM'S INTERPRETATION REAL?

С лесопромышленным комплексом, большинство предприятий которого в процессе реформирования оказались депрессивными, впервые после 2002 г. представители власти связывают серьезные ожидания, официально подчеркивая возможность лесной индустрии стать прорывной отраслью для экономики России (в дополнение к газо- и нефтедобыче, металлургии, производству минеральных удобрений).

Не только специалисты отрасли, а теперь и государственные чиновники озабочены состоянием лесопромышленного комплекса. Основной рефрен в высказываниях официальных лиц по поводу отрасли – подчеркивание огромного лесоэкспортного потенциала России при неудовлетворенном спросе на мировом лесном рынке (Трутнев, 2007). Но пока помощь лесному бизнесу со стороны органов власти состоит в требовании, а по сути в желании внедрения инновационных технологии для глубокой переработки древесного сырья и поставок на мировой рынок продукции с высокой добавленной стоимостью.

Ряд специалистов, поддерживая вышевысказанную идею при выборе направлений развития отрасли, считают приоритетным внедрение наукоемких и высокотехнологичных производств. Для оценки правомочности таких заявлений и их практической реализуемости изучена зарубежная практика организации научно-технической и инновационной деятельности. От ответа на вопрос, насколько применимы высказанные тре-

бования высокотехнологичности и наукоемкости к отраслям лесного комплекса, зависит конкретность и адресность мер по внедрению научно-технических новшеств.

По мнению авторитетных ученых, начиная от зарубежных (Markusen, Hall, Glasmeier, 1986), заканчивая отечественными (Варшавский, 2000), основным критерием для отнесения производства или отрасли к наукоемкой или высокотехнологичной является «высокий удельный вес затрат на выполнение НИОКР в себестоимости продукции». Специалисты ОЭСР (Международной организации экономического сотрудничества и развития) (Ваганов, 2003), оценив тенденции технического прогресса, поименно называют отрасли, которые без каких-либо условностей относятся к наукоемким (электроника, телекоммуникации, оптикоэлектронику, биотехнологии и т.д.). По мнению специалистов ОЭСР, сроки морального износа изделий наукоемких отраслей исчисляются не годами, а даже месяцами. Солидарны с данными требованиями к наукоемким производствам и другие специалисты (Авдулов, Кулькин, 2002)

С учетом данного критерия проанализирована структура себестоимости продукции почти всех производств лесного комплекса в годы реформ (1991 – 2005 гг.). Оказалось, что затраты на НИОКР в себестоимости продукции находятся на нулевом или близком к нему уровне. По остальным мировым требованиям лесопромышленные отрасли вообще не могут быть отнесены к наукоемким.

Такой вывод несколько не умаляет значимость лесопромышленного комплекса. Практически все производства лесопромышленного профиля являются массовыми (в крайнем случае, крупносерийными), продукция которых веками была и будет востребована обществом. Соответственно в каждой отрасли лесопромышленного комплекса необходимо решать задачи научно-технического прогресса. Но как эффективно и оперативно решать эту проблему, уделяя главное внимание сущности процесса технического обновления, не затрачивая усилий на агитационно-пропагандистскую видимость дела?

Несомненно, проблема технического развития лесопромышленного комплекса должна решаться, хотя по ряду причин его производства вообще не относят к наукоемким (по мировым меркам). Очевидно одно, что из-за существенных особенностей каждого производства лесного комплекса проблему нужно рассматривать дифференцированно. Слишком несхожи друг с другом лесопромышленные производства, хотя их объединяет однородность используемого сырья.

Из существующих классификаций отраслей лесопромышленного производства для указанной цели наиболее приемлема их группировка, изложенная в отмененной ОКОНХ (1971 г.). Принятые за основу при разработке данной группировки признаки достаточно точно коррелируют с содержанием термина «техноэкономический облик отрасли», предложенный А. Е. Варшавским.

Объективная оценка данной классификации отраслей такова: технологическая сущность каждой подотрасли автоматически предполагает сложность производственных операций с позиции воздействия на предмет труда. Данная классификация, хотя она официально заменена ОКВЭД (2003 г.), является с позиции разработки технической политики в лесном деле до сих пор практически значимой, но в рамках изучаемой проблемы организации малого предпринимательства в отраслях лесного комплекса она должна быть детализирована с учетом последних научных представлений о сущности инновационной политики в народном хозяйстве.

Таблица – Классификация лесопромышленных производств по степени сложности производственных операций с позиции воздействия на предмет труда

№ п/п	Группа лесопромышленных производств	Характеристика производственных операций	Вид контроля	Наличие аппаратурного контроля	Уровень технико-технологического облика
1	Лесозаготовки, подсоска леса		Визуальный	Нет	I
2	Деревообработка I степени сложности (производство пиломатериалов, шпал, ком-плектов ящичной тары, технические)	Механическое воздействие на предмет труда при соблюдении параметров процесса, обеспечивающих геометрическую точность изделия (допускаемые отклонения исчисляются в миллиметрах)	Визуальный Эпизодический	Нет	II
3	Деревообработка II степени сложности (Производство столярных изделий, мебели, лыж)	Механическое воздействие на древесину с максимальной точностью изготовления деталей с последующей сборкой конструкций при элементах отделки (покрытие, шлифование) при соблюдении требований современного дизайна	Геометрический Эпизодический	Нет	III
4	Деревообработка III степени сложности (Производство фанеры, древесных пластиков, клееного бруса, мебельного щита)	Механическая обработка древесного сырья, точность размеров (в пределах 1 миллиметра) с применением элементов химизации	Геометрический Непрерывный Физико-химический	Нет	IV

5	Деревообработка IV степени сложности (производство ДСП, ДВП, МДФ)	Механическая обработка древесного сырья с целью его измельчения и производства плитных материалов на основе реакции связующих с измельченной древесной массой, точность размеров (в пределах долей 1 миллиметра), соблюдение температурного режима, обеспечение экологической чистоты	Геометрический Непрерывный Физико-химический	Нет	V
6	Производство целлюлозы (Варка целлюлозы сульфитная, сульфатная)	Глубокая химико-механическая обработка сырья	Непрерывный Физико-химический	Есть	VI
7	Производство бумаги, картона	Многократное воздействие на предмет труда в процессе изготовления, точность настройки и регулировки процесса	Непрерывный Физико-химический	Есть	VII
8	Лесохимическое производство (Производство древесного угля, уксусной кислоты, эмалей, размягчителей, растворителей)	Производства, основанные на реакции разложения древесины под воздействием высокой температуры	Непрерывный Физико-химический	Есть	VIII
9	Производство канифоли, скипидара, камфары, лаков	Более сложный процесс с получением большого количества побочных компонентов наряду с основным	Непрерывный Физико-химический	Есть	IX

При детализации данной классификации за основу взяты методические положения техноэкономического облика отрасли, предложенные А. Е. Варшавским. При разработке данной классификации мы заранее отказались от тех признаков, которые предлагает ОЭСР, при определении наукоемких производств.

Итогом работы является наше убеждение, что понятие «наукоемкое производство» является виртуальным, не соответствующим действительному положению вещей. Реально, когда рассматривают проблематику развития лесопромышленного комплекса, следует с целью объективности оценок и обоснованности принимаемых решений, использовать термин «техничко-экономический облик».

Выводы:

1. Учитывая критерии отнесения производств к наукоемким (доля НИОКР в себестоимости продукции, большая доля добавленной стоимости в конечной продукции, высокая постоянная инновационная активность и т. д.) можно сделать вывод, что ни одно из лесопромышленных производств к таковым не относится.

2. Тем не менее, часть производств лесного комплекса (ЦБП, гидролизное, лесохимическое производства) использует достаточно сложные технологические процессы при производстве продукции и несмотря на то, что уровень сложности этих производств не соответствует уровню общепринятых наукоемких производств (например, ракетостроения), вышеперечисленным производствам лесного комплекса необходимы современные научные разработки.

3. Принятая в 2003 г. ОКВЭД не позволяет классифицировать лесопромышленные производства по степени сложности производственных операций, т. к. введена с целью статистического учета результатов деятельности, в связи с этим предложена классификация лесопромышленных производств по степени сложности производственных операций с позиции воздействия на предмет труда.

4. В классификации введен термин, «техноэкономический облик», предложенный Варшавским А. Е., который включает в себя техническую, (в том числе технологическую, информационную, организационную сферы и сферу трудовых ресурсов) и экономическую составляющие.

5. С помощью предложенной в классификации дифференциации лесопромышленных производств можно сделать заключение о степени восприятия технических новшеств каждым из производств, а после проведенных исследований ответить на вопрос, в каких «сложных» производствах лесного комплекса возможна организация малого предпринимательства, а в каких – нет и в силу каких обстоятельств.

Библиографический список

1. Рабочая встреча Министра природных ресурсов РФ Ю. Трутнева с Министром торговли США Карлосом М. Гутierrezом [Видеозапись], 02.04. 2007 г.
2. Markusen A., Hall P., Glasmeier A. High-Tech America: The What, How, Where and Why of the Sunrise Industries, Winchester, MA: Allen & Unwin, Inc., 1986
3. Варшавский А. Е. Наукоемкие отрасли и высокие технологии: определение, показатели, техническая политика, удельный вес в структуре экономики России // Экономическая наука современной России. – 2000. – № 2.

4. Ваганов А. Высокотехнологичные компании становятся фабриками инноваций // www.sumtech.ru/newtech/archive/fabinn.htm

5. Авдулов А. Н., Кулькин А. Н. Научные технологии и их роль в современной экономике (Грант РФФИ, Проект № 02-06-80004) // www.rfbr.ru/default.asp?doc_id=5767.

Бирюков П.А., Кузьмина М.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
eolk@usfeu.ru

К ВОПРОСУ О ВЕКТОРЕ РАЗВИТИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

TO THE QUESTION ABOUT THE VECTOR OF FOREST INDUSTRY DEVELOPMENT

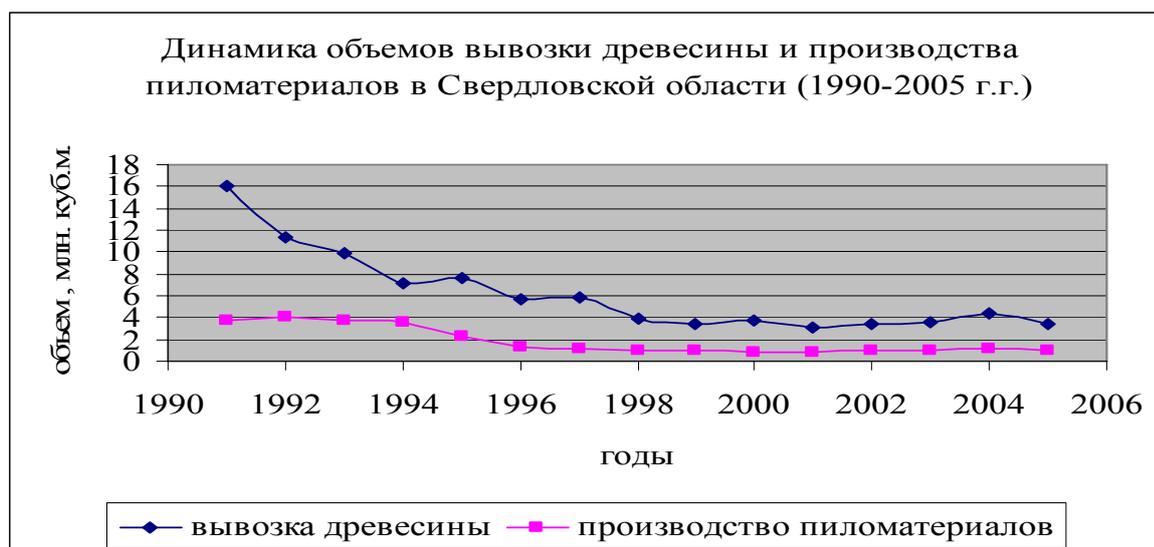
Хотя властные структуры декларируют необходимость и предпринимают меры для наращивания масштабов переработки древесного сырья в России, тем не менее, преодоление кризисных тенденций в лесном секторе экономики во многом зависит от состояния дел в лесозаготовительном производстве.

Поэтому, учитывая взаимообусловленность и взаимосвязанность лесозаготовок и деревообработки, сотрудники кафедры экономики и организации лесного комплекса УГЛТУ свыше десяти лет системно исследуют процессы, характерные для указанных отраслей в годы рыночных преобразований.

По результатам исследований в отраслевой печати опубликованы десятки научных статей, защищены две диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук (Кузьмина М.В., Ученый совет УГТУ-УПИ, 2002 г.; Кирилова Е.В., Ученый совет МГУЛ, 2003 г.), доложены фрагменты из отчетов по НИР на нескольких конференциях, включая всероссийскую. Но широкой научной общественности лесной отрасли и практикам по ряду причин полученные результаты малоизвестны.

В предлагаемых вниманию специалистов материалах основной упор сделан не на повторение пройденного, а на интерпретацию выводов в ранних публикациях с учетом накопленной, систематизированной и проанализированной региональной информации о работе предприятий лесного комплекса в период 2002-2006 гг.

Первоначально отмечаем, что спад объемов производства пиломатериалов и спад объема вывозки древесины в Свердловской области в период 1990-2006 гг. коррелируют друг с другом (к уровню 1990 года 23-25%). На рисунке представлены результаты работы лесозаготовителей и деревообработчиков области. Эти данные многократно являлись предметом обсуждения не только во властных структурах, в Уральском союзе лесопромышленников и лесозэкспортеров, а также в научных кругах. Однако, оценки положения дел в лесных отраслях, как правило, носили описательный характер, а выводы являлись оптимистичными: «скоро рынок заработает в полной мере»; «лесной комплекс преодолеет кризисные тенденции в развитии», «лесная индустрия обречена на успех».



Сотрудники УГЛТУ еще в 1999 г. поставили цель – формализовать задачу установления вектора развития лесопромышленного производства, решить ее на основе полученной математической модели, составить прогноз объемов производства лесопроизводства.

Цель достигнута при двух разных методических подходах; с помощью полученных математических моделей составлены прогнозы развития лесопромышленного производства для области с очень близкими результатами (2002-2003 гг.).

Коротко о сути работы. При формализации процесса трансформации лесных предприятий для установления вектора их развития принято, что все они в рыночной среде как автономные субъекты хозяйствования находятся с позиций их финансового состояния в хаотичном движении. На каждое предприятие постоянно воздействуют десятки факторов внутренней и внешней среды, тем самым, делая трудно предсказуемой их последующую финансовую устойчивость.

При таком посыле для обработки массива информации о состоянии десятков предприятий за многие годы допустимо использовать Марковские цепи. Предварительно для анализа Марковских цепей разработана методика оценки по объектным индикаторам экономического состояния каждого предприятия, включенного в изучаемую группировку. По нашему мнению для получения объективной количественной оценки вектора развития отрасли достаточно учета одного из четырех состояний предприятия в конкретный период времени:

- Состояние А – устойчивое развитие предприятия;
- Состояние В – предкризисное состояние с предпосылками к банкротству;
- Состояние С – банкротство и ликвидация предприятия, как юридического лица;
- Состояние Д – возобновление деятельности после прихода нового собственника.

По разработанной нами методике (подробно она изложена в ряде публикаций) оценено состояние каждого из 32 лесозаготовительных предприятий области за период 1990-2001 гг., составлена таблица состояний предприятий размером 32×12, которая обработана с помощью программы Mathcad-7. В итоге получена матрица вероятности состояний предприятий в прогнозируемом периоде:

$$M = \begin{vmatrix} 0,829 & 0,171 & 0 & 0 \\ 0 & 0,789 & 0,179 & 0,032 \\ 0 & 0,029 & 0,629 & 0,342 \\ 0 & 0 & 0,133 & 0,867 \end{vmatrix}$$

Анализ Марковского процесса с такой переходной матрицей показывает наличие для системы в перспективе стационарного состояния, имеющего смысл предельного распределения $P_t = (0; 0,037; 0,267; 0,696)$.

Нами так с экономических позиций интерпретирован полученный результат. Сложилась тенденция функционирования леспромхозов в области, носящая направленный характер, при которой вектор P_t с ростом t стремится к некоему устойчивому состоянию и затем входит в устойчивый режим. Это устойчивое состояние в условиях Свердловской области достигается за ограниченное количество временных шагов вне зависимости от вида начального состояния (при неизменности экономического курса в регионе). В идеале оно наступает к 2030 году (100% точность расчетов), а с достаточной степенью значимости по результатам расчета в 2005-2007 гг.

В конкретном смысле результаты исследования таковы: а) в области годовой объем лесозаготовок стабилизируется в пределах 3,8-4,0 млн. м³; б) из числа принятых в 1990 г. для обследования предприятий только 2 сохраняют свои позиции в конкурентной борьбе; 5 предприятий будут балансировать на грани банкротства; 17 – возобновят свою работу после банкротства. При этом не исключаем, что отдельные леспромхозы могут пройти через процедуру банкротства и возобновить деятельность с приходом нового собственника неоднократно.

В 2007 г. нами исследование повторено с дополнением информации о состоянии лесных предприятий области в 2002-2006 гг. Результаты расчетов, как по матрице экономических состояний леспромхозов, так и по вектору развития оказались близки к ранее полученным (2002 г.). Единственное отличие - расчеты показали, что достижение системой устойчивого состояния произойдет в 2006-2008 гг.

Таким образом, нам удалось количественно установить вектор развития лесозаготовительного производства на региональном уровне за последние 15 лет. Сложившаяся система экономических отношений в стране такова, что в настоящее время для Свердловской области стабилизировался годовой объем вывозки древесины. Меньше он быть не может; иначе не будут удовлетворены местные потребности в лесопродукции и обоснованные запросы экспортеров. До сих пор при наблюдаемом общем экономическом росте в стране отсутствуют признаки перелома кризисной ситуации с лесозаготовками в глубококонтинентальных регионах, богатых лесными ресурсами. Достоверность такого рода результатов подтверждает регрессионный характер экономико-математической модели. Если в 2002 г. до периода стабилизации объема лесозаготовок в области (по расчетам в исследовании) приняты фактические данные за 12 лет, то в 2007 г. – фактически за 17 лет. Это обстоятельство вынуждает скептически относиться к тем планам развития отрасли, которые неоднократно разрабатывались в Свердловской области для восстановления ее производственного потенциала. Любая система обладает свойством инерционности, для резкого изменения ситуации нужны кардинальные меры.

Аналогично изучено производство пиломатериалов на 35 предприятиях Свердловской области в период 1990-2005 гг. Также применен метод определения вектора развития лесопиления, основанный на положениях теории вероятности, в частности Марковских цепях. Получена матрица вероятности переходов предприятий, производящих пиломатериалы, из одного состояния в другое:

$$M = \begin{vmatrix} 0,827 & 0,173 & 0 & 0 \\ 0,007 & 0,821 & 0,172 & 0 \\ 0 & 0,014 & 0,932 & 0,054 \\ 0 & 0,125 & 0,125 & 0,750 \end{vmatrix}$$

Вся система предприятий лесопиления, при условии случайности и независимости состояния хозяйствующих субъектов во времени, стремится к некоторому устойчивому положению, математически выраженном вектором:

$$P_r = (0,006; 0,162; 0,684; 0,148).$$

Анализ результатов моделирования процесса развития лесопиления в области (в части крупных и средних предприятий) подкреплен дополнительными расчетами.

Практически значимое устойчивое положение (стабилизация системы предприятий) при неизменности экономического курса и законодательной базы хозяйствования в России будет достигнуто в 2010-2012 гг.

Из числа действующих в 1990 г предприятий, производящих пилопродукцию, к 2010 г. только 2 предприятия будут финансово устойчивыми; 8 – продолжат производство пиломатериалов, эпизодически испытывая экономические трудности, а 25 предприятий – пройдут процедуру банкротства. Часть из них вообще прекратит свою деятельность, а другие возобновят производство пиломатериалов на тех же производственных площадях при новом собственнике, но как новый хозяйствующий субъект.

Главные трудности при выполнении исследования сопряжены с получением достоверной информации об условиях деятельности хозяйствующих субъектов. Работчики НИР в основном ориентировалась на данные областного Комитета по статистике. Но в ряде случаев из-за слияний и поглощений предприятий приходилось в расчетах учитывать информацию, полученную на самих предприятиях и в их структурных подразделениях. Тем не менее, адекватность результатов расчетов по модели фактическим данным работы предприятий за ретроспективный период бесспорна.

Таким образом, основные выводы по циклу выполненных НИР о процессе трансформации в годы рыночных преобразований лесных предприятий таковы:

1. Установленные векторы развития производств «лесозаготовки и лесопиление» в Свердловской области математически подтверждают после затяжного спада начало периода стабилизации объемов производства, обусловленных минимально-достаточными местными потребностями и экономически целесообразным лесозэкспортом.

2. По полученным моделям, если не будут изменены условия проведения экономических реформ регионе, можно точно прогнозировать развитие хозяйствующих субъектов лесного комплекса на перспективу.

3. Надежды на приход в лесную отрасль внешних инвесторов, способных вывести ее из кризисного состояния, не оправдались из-за высоких хозяйственных рисков.

4. По состоянию на 1.01.2007г. большинство индикаторов состояния лесопромышленного комплекса не сигнализируют о позитивных сдвигах в его развитии, подтверждая результаты расчетов.

Библиографический список

1. Кемели Д., Снелл Дж. Конечные цепи Маркова. М.: Наука, 1970. – 272 с.
2. Бирюков П.А., Кузьмина М.В. Проблема адаптации лесозаготовительных предприятий в рыночной среде // Лесной журнал №5-6, 2000.
3. Кузьмина М.В. Конкурентоспособность лесозаготовительного предприятия как условие его адаптации в рыночных отношениях / диссертация, 2002, 160 с.
4. Кирилова Е.В. предпосылки и условия трансформации основных фондов лесозаготовительных предприятий в объекты инфраструктуры региона / диссертация, 2003, 140 с.

Мехренцев А.В. (*Министерство промышленности, энергетики и науки Свердловской области, г. Екатеринбург, РФ*)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

DEVELOPMENT PROSPECTS OF INDUSTRIAL-TECHNOLOGICAL BASE OF WOODEN HOUSING CONSTRUCTION IN SVERDLOVSK'S REGION

Дерево, как строительный материал, является полностью возобновляемым ресурсом и позволяет решать требования инженерии, зодчества, архитектуры и дизайна практически любой сложности. Дерево – материал прочный, долговечный, красивый, экологически чистый. Деревянные конструкции, обладают четырехкратным запасом стойкости против обрушения при пожаре по сравнению с металлическими, они не выделяют токсинов при горении, как пластики. Деревянный дом служит столетиями и почти все время обладает положительной биоэнергетикой в противовес бетону, камню, металлу и стеклу, отбирающему ее у человека.

С учетом принятия национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» значение рынка малоэтажного строительства в России значительно возросло. По данным Ассоциации деревянного домостроения России годовой объем производства в деревянном строительстве оценивается на уровне 6 млрд.евро. В 2006 году из древесного материала построено около 4 млн.кв.м жилья. Отрасль деревянного домостроения в России представлена более чем 250 предприятиями. Причем более 120 расположены в Москве и Московской области. В Свердловской области три крупных предприятия и более 30 малых производят дома всех типов.

Свердловская область относится к территориям, где ежегодно вводится около 100 тыс.кв.м деревянного жилья. Занимает по вводу деревянного жилья 11 место. При этом структура жилищного строительства в области представлена в основном многоэтажным жильем – более 80% в ней составляют кирпичные, крупнопанельные, сборно-монолитные, крупноблочные дома.

В то же время в Свердловской области действуют факторы, стимулирующие развитие деревянного домостроения:

- Обозначенная на политическом уровне необходимость обеспечения граждан доступным, экологичным и комфортным жильем.

- Необходимость развития небольших городов и населенных пунктов на фоне растущей стоимости земли и проблем в развитии инфраструктуры областного центра.

- Более низкая стоимость и сроки строительства из древесины по сравнению с другими материалами.

- Мощный лесной ресурсный и лесоперерабатывающий потенциал региона.

- Сочетание традиций деревянного домостроения с использованием возможностей инновационных технологий.

- Существенный потенциал малой энергетики для энергоснабжения.

Наряду с этим влияют и факторы, препятствующие развитию деревянного домостроения, характерные для России в целом:

- Неудовлетворительное техническое состояние мощностей по переработке древесины. Ограничено предложение отечественных безопасных плитных материалов, пригодных для деревянного домостроения.

- Отсутствие современной нормативно-технической базы.

- Отрицательный опыт развития деревянного промышленного домостроения в 80-х годах в СССР.

- Деревянные дома рассматриваются частью населения, как некапитальные, временные дачные постройки.

- Пожароопасность деревянных домов, связанна с большим количеством домов старой постройки, находящихся в ветхом состоянии. Неправильная организация электроснабжения домов, построенных населением собственными силами.

Отрицательно сказывается и обеспеченность сельского населения, живущего как правило в деревянном доме различными видами благоустройства.

Основными типами деревянных домов являются бревенчатые или модульные, брусовые или профильно-брусовые и панельные или каркасно-панельные.

По оценке Ассоциации деревянного домостроения России затраты на изготовление комплектов домов различного типа представлены в таблице.

Таблица – Затраты на изготовление комплектов домов различного типа

Тип деревянного дома	Средняя стоимость за 1 м ²
Ручная рубка	170-250 долл.
Оцилиндрованное бревно	160-250 долл.
Цельный брус	130-140 долл.
Клееный брус	300-450 долл.
Каркасные дома	90-200 долл.
Панельные дома	150 долл

Сравнение затрат, а также общих характеристик разных типов домов позволяет сделать вывод о хороших перспективах каркасно-панельных конструкций.

Для Свердловской области реальный сценарий развития деревянного домостроения на ближайшие 3 года предполагает прирост на 1 млн.кв.м., что потребует инвестирования производственно-технологической базы в размере 2,9 млрд.рублей. В результате объем производства пиломатериалов возрастет на 450 тыс.куб.м, производство собственных плитных материалов на 150 тыс.куб.м, в том числе современных плит OSB около 100 тыс.куб.м, объем производства круглых лесоматериалов увеличится на 1,7 млн.куб.м..

Важнейшими из приоритетных направлений развития мощностей деревянного домостроения являются освоение современных технологий каркасно-панельного домостроения и создание на территории области завода по производству плит OSB.

Развитие предприятий лесопромышленного комплекса способны реально обеспечить необходимую динамику роста лесопродукции с учетом требований деревянного домостроения. При этом следует учитывать высокую энергоэффективность наращивания объемов производства сухой клееной древесины для домостроения.

Деревянное домостроения является неотъемлемой частью лесного кластера региона, состояние которого в Свердловской области характеризует возможность изготовления практически всех компонентов деревянного домостроения. Исключение составляют несущие балки типа LVL, которые производятся в г.Нягань (ХМАО), а также плиты OSB, производство которых планируется организовать в г.Туринске на ЦБЗ. Продукция проектируемого Алапаевского завода древесных плит в полном объеме заменит цементно-стружечные плиты и плиты MDF.

Для развития производственно-технологической базы деревянного домостроения в ближайшее время необходимо следующее:

- Разработать и принять областной инвестиционный проект по поддержке предприятий в части развития производственно-технологической базы деревянного домостроения.
- В рамках областной системы лесопользования и инвестиционных соглашений предусмотреть обеспечение предприятий лесосырьевыми ресурсами.
- Развивать государственно-частное партнерство в области деревянного строительства. Государство должно взять на себя ответственность за отвод земли и создание пакета инфраструктур на территории строительства.
- В рамках областного Центра трансферт-технологий оказать помощь предприятиям в переводе деревянного домостроения на инновационные технологии.
- Разработать меры по обеспечению кадрами всех уровней предприятия деревянного домостроения.

Организовать экспериментальное строительство посёлков на территории области с демонстрацией преимуществ деревянного жилья населению.

Глазырин В.В., Голубева Л.П. (УГЛТУ, Екатеринбург, РФ)

patent@usfeu.ru

О ПРОБЛЕМЕ «ЭКВИВАЛЕНТНОГО ПРИЗНАКА» ИЗОБРЕТЕНИЯ, ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

ABOUT A PROBLEM OF «EQUIVALENCE OF AN ATTRIBUTE» THE INVENTIONS, USEFUL MODEL

При судебных разбирательствах, связанных с вопросом установления факта использования изобретения, полезной модели, как правило, суд назначает патентно-техническую экспертизу, для разрешения вопроса об установлении факта использования изобретения, полезной модели, в т.ч. с учетом эквивалентности соответствующих признаков. В соответствии с правилами ст. 10 Патентного закона РФ понятие «эквивалентный признак» в законодательстве не раскрыто. В соответствии с процессуальным законодательством заключение экспертизы является одним из доказательств и подлежит судебной проверке и оценке наряду с другими доказательствами по делу. Практика показывает, что установление факта использования является сложным процессом и суды назначают не одну, а несколько экспертиз. В отсутствие четких методик установления эквивалентных признаков и субъективного подхода конкретного специалиста к проведению экспертизы, суд получает противоречивые доказательства. Кроме этого, на множественные противоречивые доказательства могут накладываться и неверные представления, которые возникают у суда при использовании термина «эквивалентности». Например, при разборе признаков изобретения суд пытается найти тождественность или эквивалентность признаков, которыми выражены реальные объекты (продукты), а не техническое решение охраняемое патентом. Более того, зачастую имеет место сравнение двух или более патентов друг с другом, а не с продуктом как того требует ст. 10 Патентного закона. Причем, на такого рода сравнения, суд может одна из сторон осознанно или неосознанно выводить ссылаясь при этом, например, на якобы, более высокий уровень и квалификацию экспертов. Квалификация экспертов, как правило, связывается с наличием или отсутствием степени кандидата или доктора технических наук. Вместе с тем при установлении факта использования специалист, имеющий ученую степень, не всегда может быть экспертом, так как не обладает специальными познаниями при проведении патентоведческих экспертиз, т.е. не является специалистом при толковании признаков формулы изобретения (полезной модели, промышленного образца). Очевидно, что патентоведческие экспертизы должны проводиться патентными поверенными и патентоведами, имеющими кроме специальных познаний соответствующие технические знания. Проблема эквивалентности признаков изобретения, полезной модели переносится на объекты, которые не имеют отношения к предмету доказывания и заключение неквалифицированных экспертизы препятствует правильному рассмотрению дела и, соответственно выводы, которые делает суд, рискуют быть ошибочными. Неверное судебное решение может приостановить развитие бизнеса фирмы, а неверное решение суда в уголовном процессе, повлиять и на дальнейшую судьбу руководителя фирмы и ведущих специалистов.

Во избежание конфликтных ситуаций и судебных разбирательств, разработчикам новой техники необходимо при заключении соответствующих договоров закладывать расходы на проведение экспертизы на патентную чистоту объектов техники, в соответствии с ГОСТ 15011-96, передавая заказчику продукцию, не обремененную правами третьих лиц, исключая тем самым тяжелые судебные разбирательства.

Новые технологические решения в лесозаготовках, деревообработке и отделке

Азарёнок В.А., Гаева Е.В., Чамеев В.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

СИНХРОНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ГОЛОВНОГО СТАНКА ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕХА С ПРЕДШЕСТВУЮЩИМИ ОПЕРАЦИЯМИ ПРИ РАСПИЛОВКЕ СЫРЬЯ ВРАЗВАЛ

THE HEAD TOOL WORK SYNCHRONIZATION OF WOOD SHOP WITH PREVIOUS OPERATIONS AT UP RAW MATERIAL WADDLINGLY SAWING

Учитывая становление малого и среднего бизнеса, существующие объёмы лесозаготовок лесопромышленных предприятий (ЛПП), большое наличие в лесообработывающих цехах (ЛОЦ) одноэтажных лесопильных рам, следует учесть разработки вариантов реконструкции лесопильных предприятий ОАО «Научдревпром-ЦНИИМОД»: если конкретный рынок потребления отвергает пиломатериалы рамной распиловки, то предлагается замена рамных потоков на круглопильные и ленточнопильные потоки. При недостаточности финансирования рекомендуется, в первую очередь, заменить лесопильные рамы 2-го ряда многопильными круглопильными станками. Наибольший удельный вес в лесопилении занимают лесопильные рамы. Повышение эффективности их работы в условиях малообъёмных лесозаготовок, характерных для настоящего периода, актуальная задача для ЛПП. В данной работе приведены результаты исследований функционирования наиболее распространённой на ЛПП лесопильной рамы модели Р63-4Б для различных производственных условий.

Стохастичность входного потока лесоматериалов, поступающих в пачках со склада сырья в лесообработывающий цех при помощи подъемно-транспортного механизма, требует межоперационного запаса пачек бревен перед цехом, а стохастичность поступления бревен по подающему транспортеру межоперационного запаса перед головным станком. Недостаточная ёмкость питателей снижает загрузку головного станка сырьем и, следовательно, производительность цеха, как по сырью, так и по готовой продукции. В этой связи целесообразно выявить и оценить зависимость коэффициента загрузки головного станка сырьем от ёмкости накопителей. Расчёты проведены для средних условий работы цехов ЛПП Среднего Урала. Исследовался технологический процесс потока: подача пачек бревен с объемами $7,4 \text{ м}^3$ со склада сырья в цех производится подъемно-транспортным механизмом (ПТМ) со средней длительностью цикла 480 с. С питателя пачек бревен сырьё поштучно подается продольным транспортером Б-22Е-01 со скоростью 0,8 м/с на питатель одноэтажной лесопильной рамы Р63-4Б. Параметры длительности цикла деления круглых лесоматериалов для станка Р63-4Б по заданным поставкам определены по компонент-программе (кп) «СТАНОК» [1] комплекс-программы (КП) «ЦЕХ». Методология решения технологических задач с исполь-

зованием имитационного моделирования, в частности на базе КП «ЦЕХ», изложена в работах [2,3].

Возможны следующие основные способы синхронизации работы головного станка ЛОЦ с предшествующими операциями: - 1. Назначение оптимальной емкости питателя пачек бревен $E_{\Pi}^{ПБ}$ при “жесткой связи” головного станка ГС1 с подающим транспортером (практически длина питателя ГС1 $L_{\Pi}^{ГС1} = d_{\max}$, где d_{\max} – максимальный диаметр бревна); - 2. Назначение оптимальной длины питателя бревен головного станка $L_{\Pi}^{ГС1}$ при минимальной емкости питателя пачек бревен; - 3. Назначение оптимальных емкостей питателей $E_{\Pi}^{ПБ}$ и $L_{\Pi}^{ГС1}$. При не достижении должного коэффициента загрузки головного станка сырьем $K_3^{ГС1}$ перечисленными способами параметры длительности цикла подъемно-транспортного механизма $t_{\Pi}^{ПТМ}$ на подаче пачек бревен к цеху уменьшаются.

Влияние ёмкости питателя $E_{\Pi}^{ПБ}$ перед цехом на загрузку лесопильной рамы

Задача решалась для наиболее тяжёлых условий работы ГС – распиловка несортированного пиловочного сырья вразвал на не обрезные пиломатериалы. Результаты имитационного моделирования по КП “ПОТОК” КП “ЦЕХ” заданной схемы технологического процесса в диапазоне средних толщин круглых лесоматериалов $d_{СР}=16...30$ см приведены в табл.1.

Таблица 1 – Коэффициенты загрузки $K_3^{ГС1}$ лесопильной рамы Р63-4Б сырьем при распиловке несортированных бревен вразвал в зависимости от $E_{\Pi}^{ПБ}$ и $d_{СР}$

$E_{\Pi}^{ПБ}$		Средний диаметр сырья $d_{СР}$, см							
		16	18	20	22	24	26	28	30
1 п; 7,4 м ³	1 п	0,905	0,896	0,889	0,883	0,878	0,875	0,871	0,868
	2 п; 14,8 м ³	0,953	0,947	0,942	0,939	0,935	0,932	0,928	0,925
	3 п; 22,8 м ³	0,970	0,964	0,959	0,955	0,951	0,948	0,945	0,943
	4 п; 29,6 м ³	0,978	0,975	0,970	0,967	0,965	0,963	0,960	0,959
$\Delta K_3^{ГС1}$	2 п	0,048	0,051	0,053	0,056	0,057	0,057	0,057	0,057
	3 п	0,065	0,068	0,070	0,072	0,073	0,073	0,074	0,075
	4 п	0,073	0,079	0,081	0,084	0,087	0,088	0,089	0,091

Статистическая обработка данных табл. 1 позволила построить зависимость $K_3^{ГС1} = f(d_{СР})$ для Р63-4Б

$$K_3^{ГС1}(1п; d_{\max}) = \frac{0,8304d_{СР}}{d_{СР} - 1,3115}, \text{ при минимальном значении } E_{\Pi}^{ПБ} = 1 \text{ п} = 7,4 \text{ м}^3.$$

Анализ функции показывает, что $K_3^{ГС1}$ с увеличением среднего диаметра сырья $d_{СР}$ с 16 до 30 см уменьшается с 0,905 до 0,868 и со всех позиций является недостаточ-

ным. Увеличение емкости питателя $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}$ значительно повышает коэффициент загрузки лесопильной рамы сырьем до приемлемых значений. Если принять, что коэффициент загрузки лесопильной рамы должен составлять не менее 0,95, то при распиловке сырья с $d_{\text{CP}}=16$ см емкость питателя $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}$ должна быть рассчитана на две пачки бревен, а при $18 \leq d_{\text{CP}}, \text{см} \leq 24$ – на три пачки. Емкость $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}$ равная 4 пачкам удовлетворяет весь диапазон средних диаметров сырья $d_{\text{CP}}=16 \dots 30$ см.

Рост коэффициента загрузки $\Delta K_3^{\text{ГC1}}$ лесопильной рамы сырьем за счет увеличения емкости питателя $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}$ пачек бревен составляет:

$$\Delta K_3^{\text{ГC1}} = K_3^{\text{ГC1}}(N_{\Pi}; d_{\text{max}}) - K_3^{\text{ГC1}}(1; d_{\text{max}}).$$

Для $N=2$ Π он колеблется от 0,048 до 0,057 в зависимости от d_{CP} ; для $N=3$ Π рост составляет от 0,065 до 0,075, а при $N=4$ Π – от 0,073 до 0,091.

Таким образом, увеличение емкости питателя пачек бревен $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}$ позволяет достичь максимальной величины $K_3^{\text{ГC1}}$. Так при $N=4$ $K_3^{\text{ГC1}}=0,97$ для $d_{\text{CP}}=16$ см, а при $d_{\text{CP}}=30$ см $K_3^{\text{ГC1}}=0,959$. Для размещения требуемого объема пачек бревен на питателе $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}$ созданы различные механизмы. Так у питателя типа РБ-100 и ЛТ-80Б рабочий объем позволяет разместить до 10 м^3 бревен. Если требуется питатель повышенной емкости (на 2-3 пачки), то у модели ЛТ-79А рабочая длина для размещения пачек бревен составляет 6000 мм. На питателе КСП-10 размещается до 30 м^3 бревен.

Влияние длины питателя перед лесопильной рамой на коэффициент её загрузки

Выше было показано, что увеличение только ёмкости питателя $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}$ не всегда достигает требуемого $K_3^{\text{ГC1}}$. Значительно уменьшить неравномерности от выполнения предшествующих операций на коэффициент загрузки сырья головного станка возможно только путем оптимального назначения емкостей питателей $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}$ и $L_{\Pi}^{\text{ГC1}}$. При этом, если $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}$ окажется недостаточной, то питатель $L_{\Pi}^{\text{ГC1}}$ принимает на себя часть функций питателя $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}$, т.е. недостаточная емкость питателя $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}$ компенсируется излишней емкостью питателя головного станка $L_{\Pi}^{\text{ГC1}}$. Ниже, в табл. 2 изложены результаты исследований по определению величины $K_3^{\text{ГC1}}$ в зависимости от величины $L_{\Pi}^{\text{ГC1}}$ при фиксированной величине $E_{\Pi}^{\text{ПБ}}=1 \text{ п} = 7,4 \text{ м}^3$ в диапазоне средних значений диаметров $d_{\text{CP}}=16 \dots 30$ см с шагом 2 см. Анализ результатов имитационного моделирования распиловки несортированных круглых лесоматериалов на не обрезные пиломатериалы, проведенных по кп "ПОТОК", показывает (рис. 1а), что в функции $K_3^{\text{ГC1}} = f(L_{\Pi}^{\text{ГC1}})$, в общем случае, можно выделить три зоны увеличения коэффициента

загрузки станка. В 1-й зоне с незначительным увеличением L_{Π} наблюдается резкий рост $K_3^{ГC1}$. Третья зона является противоположностью первой. Рост $L_{\Pi}^{ГC1}$ сопровождается незначительным увеличением $K_3^{ГC1}$, т.е. коэффициент загрузки станка сырьем стабилизируется и несущественно зависит от $L_{\Pi}^{ГC1}$. Вторая зона является переходной. В этой связи, появляется возможность выбора оптимального значения $L_{\Pi}^{ГC1}$ на стыке 2-й и 3-й зон, которое можно назвать стабилизационным. В случае отсутствия зоны стабилизации или неприемлемости найденного значения $L_{\Pi}^{ГC1}$ целесообразно применить принцип "разумной достаточности" в выборе $L_{\Pi}^{ГC1}$ при $K_3^{ГC1} \approx 0,95$ или $0,975$.

Анализ значений $K_3^{ГC1}$, проведенный для средних диаметров d_{CP} (табл.2, рис. 1 б) позволил выявить изменение $L_{\Pi}^{ГC1}$ от d_{CP} , которое можно приближенно выразить уравнением: $L_{\Pi}^{ГC1} = 185,1923 + 5,6731d_{CP}$, при этом коэффициент загрузки лесопильной рамы Р63-4Б сырьем составляет соответственно $K_{3CT}^{ГC1} = 0,9998 - 0,0004392d_{CP}$.

Графическое изображение полученных уравнений $L_{\Pi}^{ГC1} = f(d_{CP})$ и $K_{3CT}^{ГC1} = f(d_{CT})$ представлены на рис. 1 а, б. Коэффициенты загрузки $K_{3CT}^{ГC1}$ для всех d_{CP} достаточно высоки (от 0,993 при $d_{CP} = 16$ см до 0,987 при $d_{CP} = 30$ см), однако $L_{\Pi}^{ГC1}$ также имеют немаленькие значения (от 275 см для $d_{CP} = 16$ см до 355 см для $d_{CP} = 30$ см). Установка питателей с такими значениями $L_{\Pi}^{ГC1}$ возможна не во всех случаях. Ограничив $K_3^{ГC1}$ определенным значением, достаточным исходя из здравого смысла, можно значение $L_{\Pi}^{ГC1}$ свести до приемлемой величины.

Сняв значения $L_{\Pi}^{ГC1}$ из графиков $K_3^{ГC1} = f(L_{\Pi}^{ГC1})$ (на рисунке 1 б в качестве примера представлены зависимости для $d_{CP} = 16, 20, 24, 28$ см) при принятых значениях $K_3^{ГC1}$, аппроксимировав их, получим приближенные уравнения

$$L_{\Pi}^{ГC1} \text{ при } K_3^{ГC1} = 0,975 = 6,9238d_{CP} + 17,1358, \quad L_{\Pi}^{ГC1} \text{ при } K_3^{ГC1} = 0,95 = 5d_{CP} - 5.$$

Таблица 2 – Коэффициенты загрузки $K_3^{ГС1}$ лесопильной рамы Р63-4Б при распиловке несортированного сырья вразвал в зависимости от $d_{СР}$ и $L_{П}^{ГС1}$ при $E_{П}^{ПБ} = 1$ $\Pi = 7,4$ м³

$d_{СР}$, см	Длина питателя головного станка $L_{П}^{ГС1}$, см.														
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	400	500
16	0,932	0,952	0,971	0,968	0,984	0,986	0,987	0,993	0,994	0,996	0,994	0,994	0,997	0,996	0,996
18	0,924	0,944	0,958	0,970	0,977	0,978	0,986	0,981	0,990	0,992	0,992	0,995	0,995	0,995	0,995
20	0,908	0,929	0,958	0,962	0,970	0,975	0,982	0,991	0,992	0,994	0,994	0,997	0,992	0,995	0,993
22	0,907	0,925	0,949	0,955	0,966	0,979	0,984	0,987	0,991	0,989	0,991	0,992	0,992	0,990	0,993
24	0,899	0,916	0,931	0,942	0,949	0,970	0,979	0,983	0,988	0,988	0,990	0,989	0,990	0,986	0,992
26	0,888	0,906	0,928	0,942	0,950	0,966	0,974	0,979	0,984	0,986	0,990	0,989	0,993	0,991	0,993
28	0,886	0,898	0,929	0,941	0,954	0,971	0,969	0,976	0,980	0,990	0,988	0,989	0,990	0,991	0,990
30	0,873	0,904	0,925	0,938	0,955	0,968	0,969	0,972	0,975	0,986	0,988	0,990	0,986	0,991	0,986

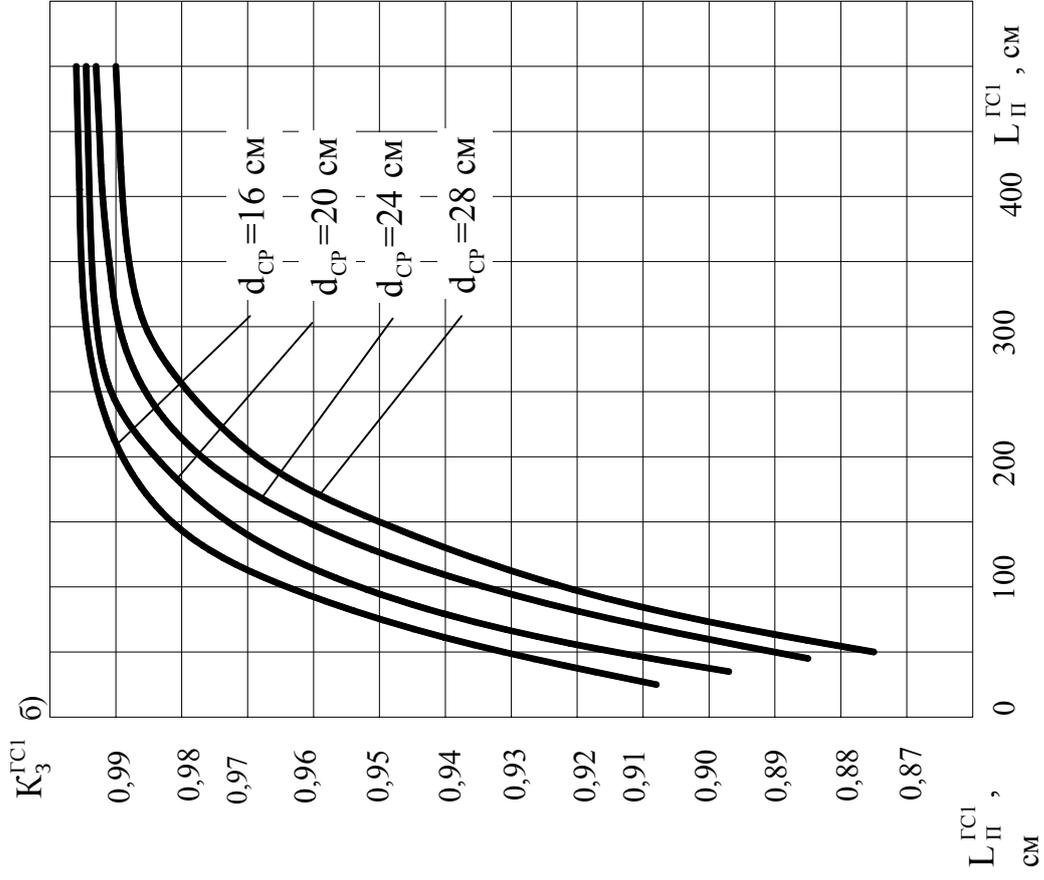
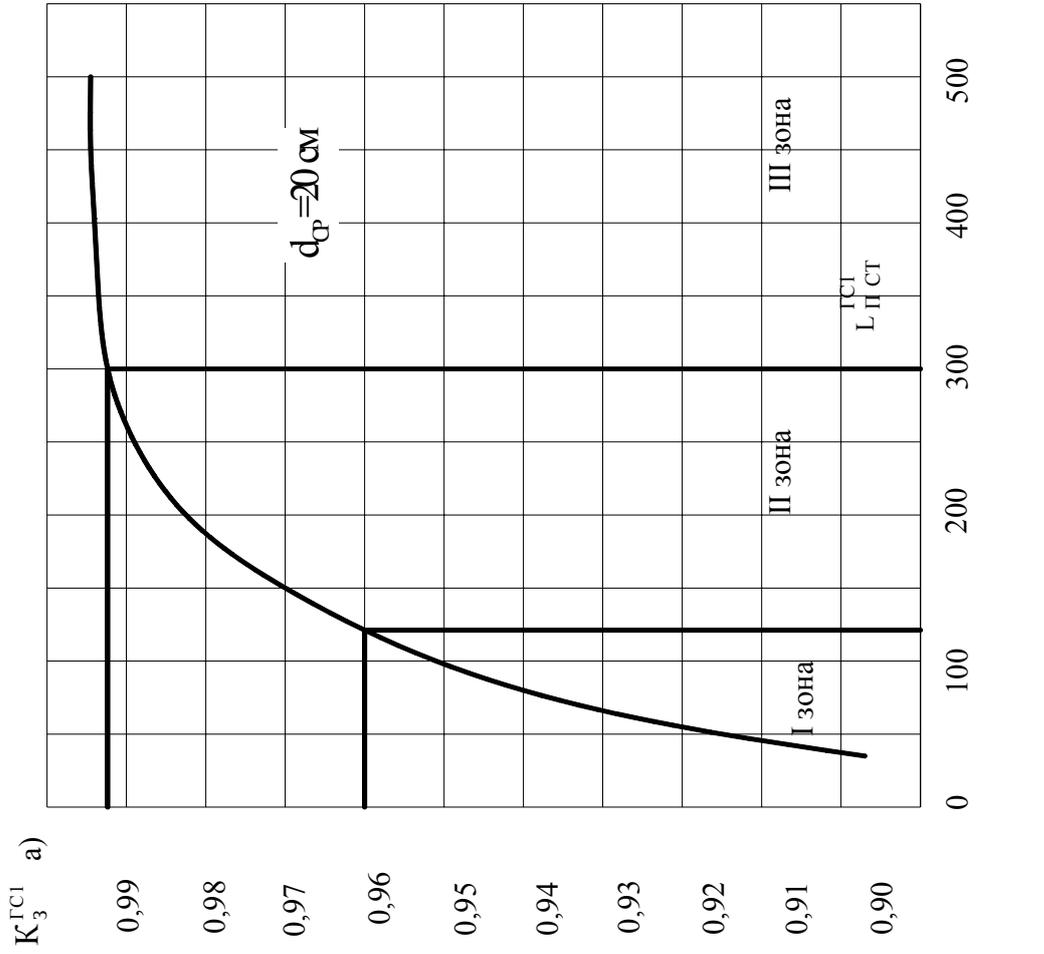


Рисунок 1 – Графики зависимостей коэффициента загрузки $K_3^{\Gamma C1}$ лесопильной рамы Р63-4Б при распиловке несортированного сырья вразвал от d_{CP} и $L_{\Pi}^{\Gamma C1}$, при $E_{\Pi}^{ПБ} = 1$ п = 7,4 м³

Анализ этих уравнений показывает, что при несущественном снижении коэффициента загрузки головного станка до 0,975 длина его питателя снижается почти вдвое (128 см для $d_{CP}=16$ см и 225 см для $d_{CP}=30$ см), а при $K_3^{GC1}=0,95$ L_{II}^{GC1} еще меньше (75 см для $d_{CP}=16$ см и 145 см для $d_{CP}=30$ см). По сравнению с технологической схемой, когда головной станок с продольным транспортером имеет "жесткую связь", установка питателя существенно повышает коэффициент загрузки головного станка. Для оценки принят показатель ΔK_3^{GC1} , вычисляемый по формуле

$$\Delta K_3^{GC1} = K_3^{GC1} - K_3^{GC1}(1_{II}; d_{max}).$$

Максимальный прирост коэффициента загрузки головного станка ΔK_3^{GC1} за счет введения "гибкой связи" возможен при стабилизационных значениях $K_3^{GC1}_{CT}$

$$\Delta K_3^{GC1}_{CT} = -0,0001101d_{CP}^2 + 0,007172d_{CP} + 2,1076.$$

При принятом $K_3^{GC1}=0,975$ прирост будет несколько ниже

$$\Delta K_3^{GC1}_{0,975} = -0,0001205d_{CP}^2 + 0,008110d_{CP} - 0,02836.$$

Соответственно при

$$K_3^{GC1}=0,95 \quad \Delta K_3^{GC1}_{0,95} = -0,0001205d_{CP}^2 + 0,008110d_{CP} - 0,05336.$$

Выводы:

Анализируя результаты машинного эксперимента по исследованию работы головного станка можно сделать выводы. Коэффициент загрузки головного станка зависит от многих факторов, в первую очередь от длины питателя L_{II}^{GC1} перед ним. При выборе конкретной длины L_{II}^{GC1} для головного станка нужно исходить из наиболее "тяжелых" условий функционирования головного станка. При распиловке сырья вразвал это несортированное сырье. Окончательный выбор длины питателя перед головным станком целесообразно сделать после исследования работы ГС с брусочкой. Этому вопросу посвящена следующая статья.

Библиографический список

1. Чамеев В.В., Иванов В.В. Влияние параметров сырья на временные показатели работы станков при раскросе круглых лесоматериалов [Текст] // Урал промышленный - Урал полярный: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: Сборник материалов международной научно-технической конференции. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2007.- С. 244-247.
2. Азаренок В.А., Чамеев В.В., Мезенцев В.И. Опыт применения комплекс-программы ZESH в учебном процессе при решении задач анализа и синтеза в лесоперерабатывающих цехах [Текст] // Проблемы лесопромышленного производства, транспорта и дорожного строительства: Сб. тр.; Урал. гос. лесотехн. акад.- Екатеринбург, 1997.- С. 43-44.

3. Чамеев В.В., Обвинцев В.В., Солдатов В.В., Меньшиков Б.Е. Задачи проектирования и управления производственными процессами лесопромышленных предприятий [Текст]: Методические указания для студентов старших курсов специализации 26.01.06 и рекомендации для аспирантов первого года обучения / Под редакцией В.А. Азаренка. - Екатеринбург: УГЛТА, 1997.- 53 с.

Чамеев В.В., Гаева Е.В., Азарёнок В.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ МЕЖОПЕРАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ СЫРЬЯ ПЕРЕД ГОЛОВНЫМ СТАНКОМ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕХА

THE SIZES SUBSTANTIATION OF RAW MATERIAL INTEROPERATIONAL STOCKS IN FRONT HEAD TOOL OF WOOD SHOP

В вышеприведенной статье [1] приведены рекомендации по выбору ёмкостей питателей пиловочных брёвен перед лесопильной рамой в режиме её работы вразвал. Для окончательного принятия решения по этому вопросу целесообразно провести аналогичные исследования за работой лесопильной рамы с брусковкой, сопоставить результаты и сделать выводы.

Основное отличие методики исследования работы головного станка с брусковкой от работы вразвал заключается в том, что в первом случае необходимо промоделировать работу станка для всех сортировочно-размерных групп сырья. Для лесопромышленных цехов с небольшими объемами переработки сырья типична дробность сортировки через 4 см. Эта величина Δd и принята при исследовании.

Результаты имитационного моделирования по компонент-программе (кп) "ПОТОК" приведены в табл. 1. Было промоделировано две серии. В первой серии имитационных прогонов изучался коэффициент загрузки лесопильной рамы Р63-4Б при "жесткой связи" головного станка с подающим транспортером ($L_{\Pi}^{ГС1} = d_{\max}$). Варьируемым фактором являлся объем питателя для пачек бревен $E_{\Pi}^{ПБ}$. Результаты имитационного моделирования (табл. 1, рис. 1) показывают, что 1 – емкость питателя для пачек бревен $E_{\Pi}^{ПБ}$ оказывает значительное влияние на $K_3^{ГС1}$ на всех сортировочно-размерных границах сырья; 2 – при назначении $E_{\Pi}^{ПБ}$ следует ориентироваться на $d_{СГ}$ из крупномерного сырья; 3 – требуемого $K_3^{ГС1}$ для сырья с $d_{СГ}=20$ см при изменении $E_{\Pi}^{ПБ}$ от 1 до 4 пачек достичь нельзя; 4 – снизить влияние "внешней среды" на $K_3^{ГС1}$ возможно введением "гибкой связи" головного станка ГС1 с подающим транспортером.

Во второй серии прогонов емкость питателя $E_{\Pi}^{ПБ}$ принята на одну пачку (7,4 м³). Варьируемый параметр – длина питателя головного станка $L_{\Pi}^{ГС1}$. Результаты имитационного моделирования

тационного моделирования приведены в табл. 1, на рисунках 1 и 2. Анализ зависимостей $K_3^{ГС1} = f(L_{II}^{ГС1})$ для сортировочно-размерных групп сырья $d_{СТ}$ (рис. 1) позволяет сделать следующие выводы: 1 – с ростом $d_{СТ}$ $K_3^{ГС1}$ при "жесткой связи" головного станка с подающим транспортером уменьшается с 0,924 до 0,786; 2 – на всех графиках $K_3^{ГС1} = f(L_{II}^{ГС1})$ четко прослеживаются три зоны изменения $K_3^{ГС1}$ от $L_{II}^{ГС1}$, при этом стабилизационные значения $L_{II\ СТ}^{ГС1}$ с ростом $d_{СТ}$ увеличиваются с 270 см у $d_{СТ}=15$ см до 500 см у $d_{СТ}=35$ см с соответствующим уменьшением $K_{3\ СТ}^{ГС1}$ (с 0,995 у $d_{СТ}=15$ см до 0,985 у $d_{СТ}=35$ см); 3 – значения $L_{II\ СТ}^{ГС1}$ в сортировочно-размерных группах крупномерного сырья достаточно велики. Незначительно уменьшив $K_3^{ГС1}$ с $K_{3\ СТ}^{ГС1}$ до, скажем, 0,975 или 0,95 (принцип "разумной достаточности") можно значительно уменьшить $L_{II}^{ГС1}$ до разумных пределов.

Таблица 1 – Коэффициенты загрузки $K_3^{ГС1}$ лесопильной рамы Р63-4Б при распиловке с брусковой шести сортировочно-размерных групп сырья ($d_{СТ}=20$ см) в зависимости от $d_{СТ}$, $E_{II}^{ПБ}$, $L_{II}^{ГС1}$

$E_{II}^{ПБ}$	$L_{II}^{ГС1}$, см	Диаметр сортировочно-размерных групп $d_{СТ}$, см					
		15 (14-17)	19 (17-21)	23 (21-25)	27 (25-29)	31 (29-33)	35 (33 и более)
1 п	"жесткая связь" ($d_{max}=d_{ВСТ}$)	0,922	0,898	0,875	0,835	0,813	0,768
2 п		0,958	0,942	0,930	0,908	0,886	0,866
3 п		0,974	0,963	0,951	0,944	0,925	0,918
4 п		0,979	0,972	0,962	0,956	0,936	0,935
1 п	50	0,947	0,918	0,903	0,835	0,813	0,788
	75	0,959	0,940	0,924	0,866	0,854	0,812
	100	0,968	0,958	0,943	0,892	0,883	0,811
	125	0,982	0,966	0,947	0,909	0,902	0,857
	150	0,983	0,967	0,955	0,934	0,921	0,882
	175	0,992	0,980	0,966	0,942	0,928	0,896
	200	0,993	0,985	0,972	0,955	0,940	0,903
	225	0,993	0,988	0,978	0,965	0,952	0,933
	250	0,995	0,987	0,984	0,974	0,957	0,942
	275	0,996	0,992	0,988	0,976	0,965	0,950
	300	0,996	0,991	0,987	0,979	0,963	0,954
	325	0,995	0,994	0,990	0,984	0,975	0,970
	350	0,996	0,994	0,993	0,989	0,978	0,972
	400	0,996	0,995	0,993	0,987	0,985	0,979
500	0,996	0,995	0,992	0,989	0,989	0,985	
600		0,994	0,993	0,990	0,989	0,986	
700		0,994	0,991	0,991	0,989	0,986	

На рис. 3 приведены результаты статистической обработки данных имитационного моделирования (табл. 1). Коэффициенты загрузки лесопильной рамы Р63-4Б, определенные на стыке II и III зон, в зависимости от сортировочной группы сырья d_{CT} выражается уравнением (рис. 3 а)

$$K_{3CT}^{ГC1} = -0,00002007d_{CT}^2 + 0,0005035d_{CT} + 0,9919 .$$

Длины питателей $L_{IICT}^{ГC1}$ для d_{CT} соответствуют выражению (рис. 3 б)

$$L_{IICT}^{ГC1} = -0,6417d_{CT}^2 + 43,7299d_{CT} - 243,8783 .$$

Ограничив $K_3^{ГC1}$ величиной 0,975 имеем $L_{II,0,975}^{ГC1} = 12,8929d_{CT} - 80,8214$,

а при $K_3^{ГC1} = 0,95$ $L_{II,0,95}^{ГC1} = 10,6571d_{CT} - 104,4286$.

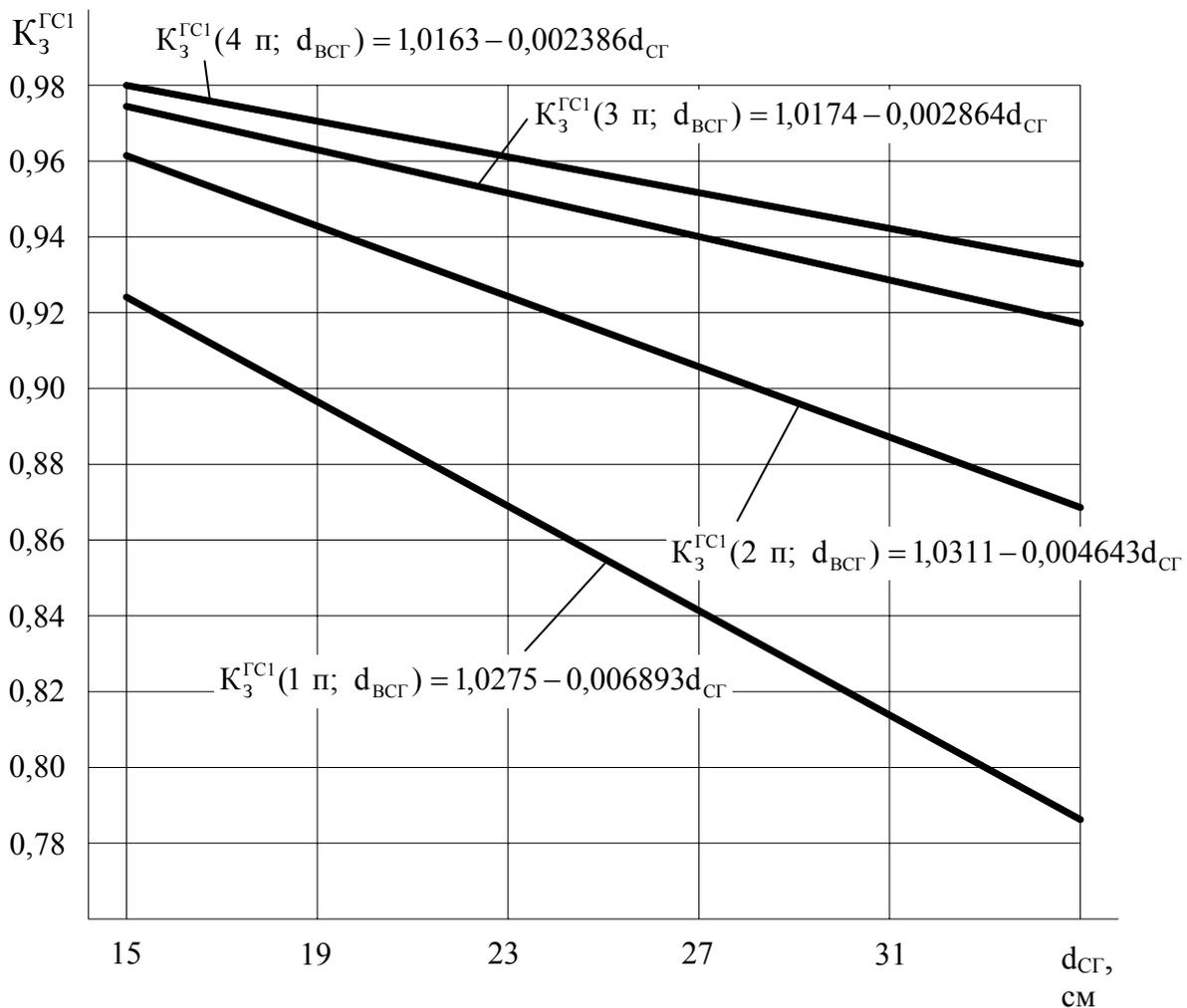


Рисунок 1 – Коэффициент загрузки лесопильной рамы Р63-4Б при распиловке с брусков сортированного на 6 групп сырья в зависимости от емкости питателя $E_{II}^{IIБ}$ при «жесткой связи» подающего транспортёра с головным станком

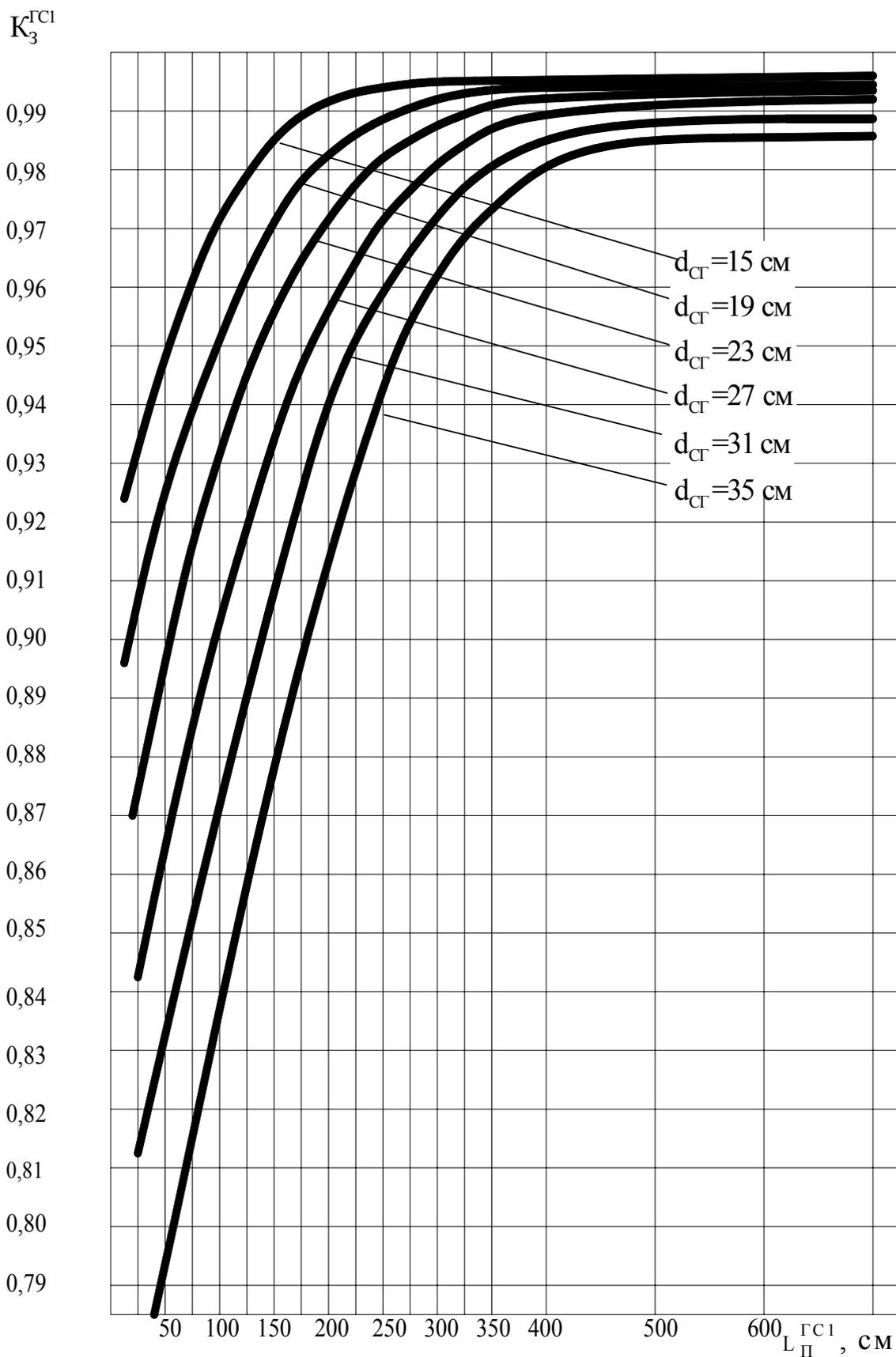


Рисунок 2 – График зависимостей коэффициента загрузки $K_3^{ГС1}$ при распиловке с брусковой рассортированного на 6 групп сырья от $L_{П}^{ГС1}$

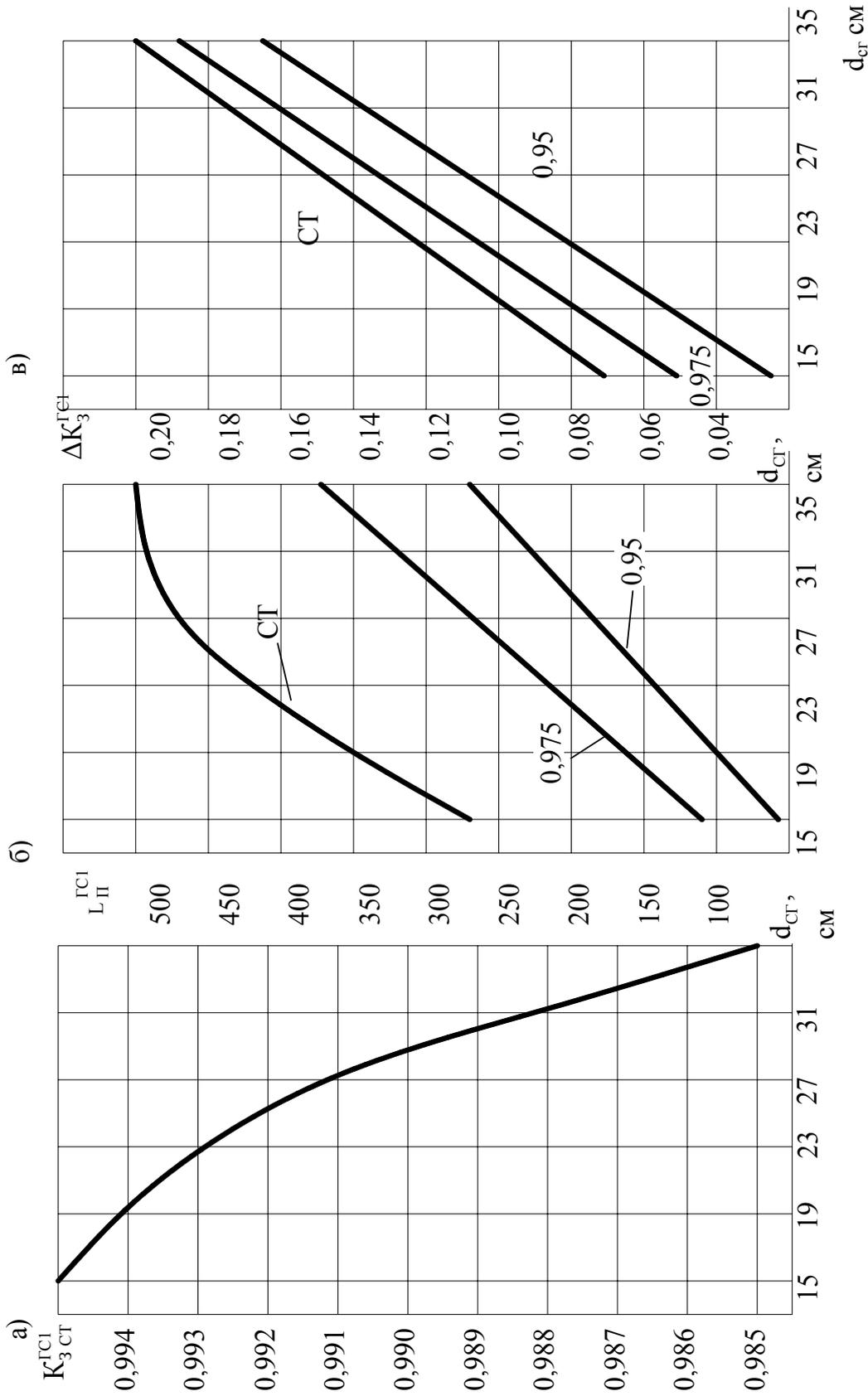


Рисунок 3 – Коэффициент загрузки и длина питателя лесопильной рамы Р63-4Б при распиловке с брусовой рассортированного на шесть групп сырья при $E_{II}^{II} = 1$ п: а – $K_{3CT}^{CT} = f(d_{CT})$; б – $L_{II}^{CT} = f(d_{CT})$; в – $\Delta K_3^{CT} = f(d_{CT})$

Замена "жесткой связи" лесопильной рамы Р63-4Б с подающим транспортером на "гибкую" дает прирост коэффициента загрузки рамы сырьем (рис. 3 в)

$$\Delta K_{3\text{CT}}^{\text{ГС1}} = 0,006386d_{\text{СГ}} - 0,02364,$$

$$\Delta K_{3\text{0,975}}^{\text{ГС1}} = 0,006886d_{\text{СГ}} - 0,05214,$$

$$\Delta K_{3\text{0,95}}^{\text{ГС1}} = 0,006886d_{\text{СГ}} - 0,07714.$$

Полученные математические зависимости позволят обоснованно назначать размеры межоперационных запасов сырья и прогнозировать коэффициент загрузки лесопильной рамы сырьем.

Выводы

Анализируя результаты машинного эксперимента по исследованию работы головного станка можно сделать выводы. Коэффициент загрузки головного станка зависит от многих факторов, в первую очередь от способа раскроя круглых лесоматериалов и длины $L_{\text{П}}^{\text{ГС1}}$ перед ним. При выборе конкретной длины $L_{\text{П}}^{\text{ГС1}}$ для головного станка нужно исходить из наиболее "тяжелых" условий функционирования головного станка. При распиловке сырья вразвал это несортированное сырье, а при распиловке с брусочкой – это сортировочно-размерная группа из толстомерного сырья с $d_{\text{СГ}}=35$ см. Длины питателей с соответствующими им коэффициентами загрузки приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Сопоставление результатов имитационного моделирования по исследованию работы лесопильной рамы Р63-4Б в различных условиях при $d_{\text{СГ}}=20$ см; $L_{\text{СР}}=6$ м; $E_{\text{П}}^{\text{ПБ}}=1$ п

Способ распиловки	Длина питателя ГС1, см			Примечание
	$L_{\text{ПСТ}}^{\text{ГС1}}$	$L_{\text{П0,975}}^{\text{ГС1}}$	$L_{\text{П0,95}}^{\text{ГС1}}$	
вразвал	300	156	95	$n_{\text{СГ}}=1$ $n_{\text{СГ}}=6$ $d_{\text{СГ}}=35$ см
с брусочкой	500	375	275	

Анализируя данные таблицы 2 можно прийти к выводу, что длина питателя для лесопильной рамы Р63-4Б размером в 375 см наиболее целесообразна как для распиловки сырья вразвал, так и с брусочкой. При указанной $L_{\text{П}}^{\text{ГС1}}$ потере в производительности станка, связанные с "внешней средой" примут приемлемую величину. В тоже время установка питателя с указанной длиной в лесопилюющей цехе не представляет трудностей.

Для эффективной работы с КП «ЦЕХ» создана система информационного обеспечения [2], разработаны методики планирования экспериментов [3]. Имитационное моделирование на базе КП «ЦЕХ» считается эффективным средством обучения студентов [4].

Библиографический список

1. Азарёнок В.А., Гаева Е.В., Чамеев В.В. Синхронизация работы головного станка лесообрабатывающего цеха с предшествующими операциями при распиловке сырья вразвал [Текст] // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: Труды международного евразийского симпозиума. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2007.

2. Азаренко В.А., Обвинцев В.В., Чамеев В.В. Система информационного обеспечения для проектирования, расчета, оптимизации, управления и АРМ ресурсосберегающих производственных процессов лесопромышленного комплекса [Текст] // Проблемы лесопромышленного производства, транспорта и дорожного строительства: Сб. тр.; Урал. гос. лесотехн. акад. - Екатеринбург, 1997. - С. 40-41.

3. Гаева Е.В., Лобашов П.А., Лыков А.П., Азарёнок В.А. Планирование экспериментов на имитационных моделях [Текст] // Материалы науч.-техн. конф. ст. и асп.- Екатеринбург: УГЛТУ, 2004.- С. 79.

4. Азарёнок В.А., Гаева Е.В. Имитационное моделирование лесотехнических объектов как локальное средство повышения эффективности подготовки специалистов [Текст] // Активизация роли обучающихся в образовательном процессе: Материалы науч.-метод. конф. с межд. участием. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004.- С. 37-38.

**Сафин Р.Р., Ахметова Д.А., Сафин Р.Г., Зиятдинова Д.Ф.,
Тимербаев Н.Ф.** (*Казанский государственный технологический
университет, г. Казань, РФ*) smirnova@kstu.ru

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВАКУУМНО-КОНДУКТИВНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

THE IMPROVEMENT OF VACUUM DRYING SAW-TIMBERS TECHNOLOGICAL PROCESS

Наиболее перспективными в области сушки древесины являются вакуумные методы, поскольку позволяют значительно сократить продолжительность процесса по сравнению с традиционными способами, а значит, и снизить себестоимость процесса. Кроме того, возможность ведения сушки при более низких температурах позволяет исключить потемнение древесины и снижение её механических характеристик [1].

Однако используемые в настоящее время технологические регламенты вакуумно-кондуктивной сушки не позволяют высушивать пиломатериалы без развития существенных внутренних напряжений. Начальная температура и влажность древесины в зависимости от условий хранения и транспортировки может быть различной по слоям. При формировании штабеля пиломатериалы укладываются между двумя нагревательными элементами, таким образом, что подвод тепловой энергии осуществлялся одновременно к обоим пластям пиломатериала, обеспечивая симметричное распределение температуры и влажности древесины.

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

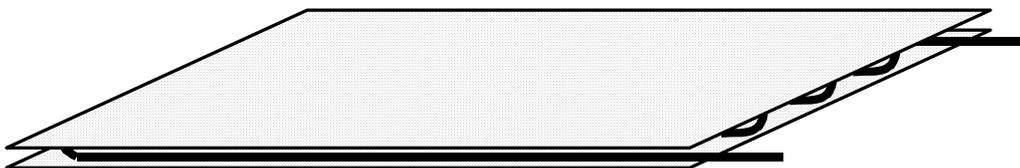


Рисунок – Нагревательный элемент

Физическую картину исследуемого способа сушки древесины можно представить в следующем виде. Процесс сушки начинается с прогрева высушиваемой древесины путем включения в работу нагревательных элементов. Процесс осуществляется при атмосферном давлении среды с целью снижения влажности поверхностных слоев материала, что особенно важно в зимний период времени.

Библиографический список

1. Сафин Р.Р. Исследование конвективной сушки пиломатериалов при стационарном пониженном давлении / Р.Р.Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Г.Сафин, А.С.Торопов // ММТТ-17: Международ. науч.конф. - Кострома, 2004. - С.101-104.

Ветошкин Ю.И., Газеев М.В., Старикова Н.А.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СКЛЕИВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

THE PERFECTION OF WOOD GLUING TECHNOLOGY

Склеивание является основной операцией, обеспечивающей процесс изготовления изделий и деталей из древесины любых размеров, форм и сечений. Технологический процесс изготовления клееных изделий из древесины включает в себя процесс сборки отдельных реек (ламелей), что позволяет добиться не только разнообразия форм изделия, подобрать необходимые по текстуре ламели (что необходимо в изготовлении мебели), но и существенно повысить прочность готового изделия. С момента появления первых изделий, склеенных из древесины на клей прошло много лет. Технология и материалы для склеивания претерпели существенные изменения в сторону их улучшения, усовершенствования.

До начала XX века промышленное значение клеев и склеивания было невелико. В столярно-мебельном производстве использовались в основном клеи животного и растительного происхождения. Сегодня химическая промышленность выпускает большой

ассортимент синтетических смол для самых различных целей. Среди всего многообразия синтетических клеев большее распространение получили клеи на основе поливинилацетатной дисперсии (ПВА-дисперсии), они являются наиболее приемлемым, экологически чистым связующим для многих деталей мебели и столярно-строительных изделий.

Рассматривая процесс склеивания древесины можно выделить температуру, как важный фактор, влияющую на продолжительность процесса склеивания. Увеличение температуры от комнатной хотя бы на 10°C ведет к увеличению скорости отверждения клеев и, как результат, сокращению времени склеивания.

В связи с организацией поточного производства, а также расширением областей применения клееных конструкций, совершенствуются и развиваются процессы склеивания, разрабатываются новые методы ускоренного отверждения клеев. Известно, что ускоренное склеивание, которое достигается при аккумулировании тепла, использовании контактного, конвективного, инфракрасного или высокочастотного нагрева, способствует резкому сокращению продолжительности склеивания рациональному использованию технологического оборудования, сокращению производственных площадей, что открывает возможности для повышения уровня механизации и автоматизации промышленного производства клееных конструкций и изделий. Поэтому ускоренное склеивание можно считать одним из перспективных способов соединения материалов [1].

Современные синтетические клеи допускают увеличение температуры до 200-250°C. Однако клеи на основе ПВА-дисперсии обладают теплостойкость до 40-60°C, и чтобы выбрать оптимальный метод интенсификации процесса склеивания таких клеев, необходимо знать каким образом осуществляется их отверждение.

Клеи на основе ПВА-дисперсии являются полимеризационными и отверждение происходит в результате реакции полимеризации за счет удаления воды и увеличения роста цепей макромолекул, т.е. в реакции их отверждения участвует вода и воздух [2]. Можно предположить, что отрицательные аэроионы могут оказать положительное воздействие на процесс отверждения клеев на основе ПВА-дисперсии и как результат ускорение операции прессования и сокращение времени на изготовление продукции.

Для подтверждения предложенной гипотезы был проведен эксперимент. Основная цель которого сокращение времени цикла склеивания массивной древесины под воздействием отрицательных аэроионов.

Эксперимент основывался на сравнении двух групп образцов. Одна группа склеивалась при естественных условиях. Вторая подвергалась на стадии открытой выдержки клея воздействию отрицательных аэроионов, при этом сокращалось время открытой выдержки и время прессования. В ходе эксперимента применялся клей на основе ПВА-дисперсии марки FOLCO – LIT D3 TC. Сравнение образцов осуществлялось по воспринимаемой ими разрушающей нагрузке на скалывание вдоль клевого шва по ГОСТ 15613.1 – 84.

Испытания образцов на соответствие группам нагрузок D3 DIN EN 205 проводились для 3 серий склеиваний: первоначально испытывалась серия образцов после влагообработки по D3 (мокрые образцы), затем серия образцов, также подвергавшихся влагообработке но после этого выдержанные при комнатной температуре в течение заданного времени и для более точных результатов проверки клевого шва контрольные

сухие образцы. Влагообработка проводилась для исключения влияния древесины на клеевой шов при скалывании.

Результаты полученных значений пределов прочности по каждой серии экспериментов по 7 опытам приведены на рисунке. В опыте 1 естественные условия склеивания, в остальных опытах применялось воздействие отрицательными аэроионами (разница между опытами во времени открытой выдержки и прессовании).

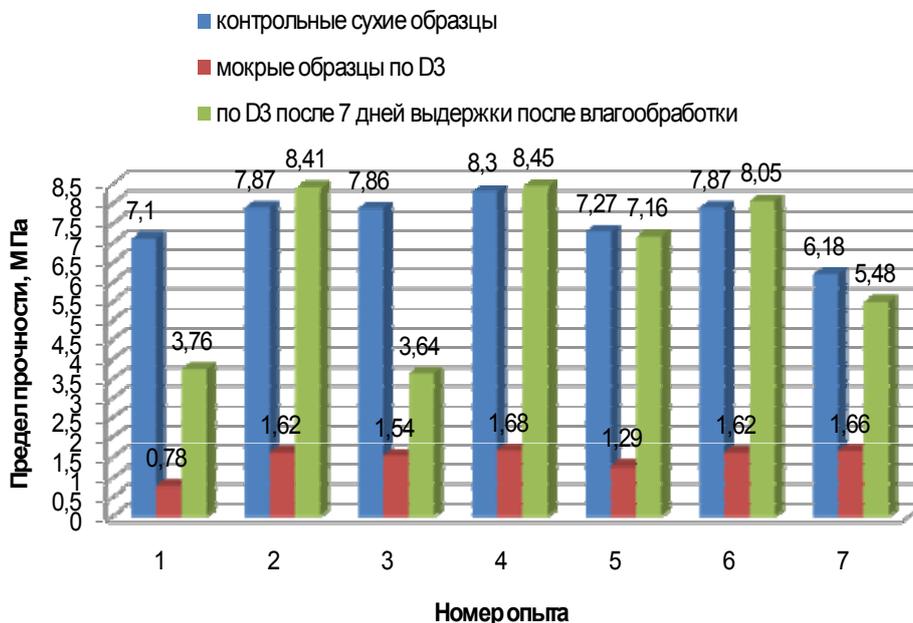


Рисунок – Результаты испытания образцов на скалывание вдоль клеевого шва

По результатам проведенных опытов был сделан вывод: гипотеза о положительном влиянии отрицательных аэроионов воздуха на склеивание находит свое подтверждение.

При сравнении опытов №2, 4, 5, 6 с опытом №1 (естественное склеивание) заметно увеличение предела прочности при скалывании вдоль клеевого шва как на сухих контрольных образцах, так и существенное увеличение воспринимаемой нагрузки образцов, подвергаемых влагообработке по группе нагрузок D3 DIN EN 205.

Отрицательно заряженные ионы воздуха сокращают время отверждения клеев на основе ПВА-дисперсии, увеличивают твердость клеевого шва по сравнению со склеиванием в естественных условиях. Можно предположить, что отрицательные аэроионы обеспечивают электродиффузионное взаимодействие клея с древесиной.

Необходимо дальнейшее проведение исследований для изучения механизма образования клеевых соединений под воздействием отрицательных аэроионов, отработка рациональных режимов склеивания, в которой сочетаются преимущества холодного прессования и высокая производительность, а также дальнейшее совершенствование, и внедрение ее в производство.

Библиографический список

1. Иванов Ю.М., Лепарский Л.О. и др. Прочность и напряжения клеевых соединений древесины. М. «Лесная промышленность», 1973 г., 160 с.
2. Волынский В.Н. Технология клеевых материалов: Учебное пособие для вузов (2-е изд.). Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2003., 280 с.

Газеев М.В., Тихонова Е.В., Жданова И.В.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

МЕХАНИЗМ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ АЭРОИОНИФИКАЦИЕЙ

THE INTENSIFICATION MECHANISM OF THE PAINT COVERINGS DRYING BY AIR IONIZATION

Формирование на поверхности древесины защитно-декоративных покрытий является длительным технологическим процессом, который позволяет повысить эстетические свойства и качество готовых изделий. Продолжительность процесса отделки зависит от вида применяемых лакокрасочных материалов (ЛКМ) и способов интенсификации их отверждения [1]. В современных условиях автоматизации производства время отверждения покрытий должно быть минимальным, что требует совершенствования существующих и разработку новых способов интенсификации отверждения лакокрасочных покрытий (ЛКП) [2].

В Уральском государственном лесотехническом университете на кафедре механической обработки древесины разработан новый способ ускорения отверждения ЛКП аэроионизацией, или воздействием активных форм кислорода (АФК), возникающих в сильном электрическом поле электроэфлювиального аэроионизационного устройства (ЭЭАУ) [3].

По результатам исследования предложенного способа установлено, что аэроионизация позволяет ускорить процесс отверждения ЛКП, образованных водными ЛКМ примерно на 30% по сравнению с естественными условиями.

Для дальнейшего изучения влияния аэроионизации на отверждение ЛКП были проведены теоретические и экспериментальные исследования, основная цель которых – изучение механизма ускорения перехода ЛКМ в твердую пленку при аэроионизации.

Жидкие ЛКМ для отделки изделий из древесины представляют собой дисперсные системы - суспензии. Граница раздела фаз проходит между жидкостью и твердыми частицами пленкообразователя. В основе отверждения покрытий лежит физико-химический процесс, состоящий из трех стадий: испарение паров растворителя; образование первичных глобул или пленки геля; формирование плотного покрытия [1]. Можно предположить, что процесс отверждения покрытий под действием ЭЭАУ протекает с участием электрокинетического явления – электроосмоса [4], возникающего в дисперсных системах при наличии на границе раздела фаз двойного электрического слоя (ДЭС). Электроосмос представляет собой явление перемещения частиц жидкости из слоя ЛКП в сторону увеличения напряженности электрического поля [5].

Молекулы пленкообразователя, распределенные в жидкой среде, обладают большим избытком поверхностной энергии. Стремление гетерогенной системы к ее уменьшению приводит к образованию на поверхности твердых частиц дисперсной фазы ДЭС [5].

Пленкообразователи, входящие в состав ЛКМ представляют собой мономеры, олигомеры и полимеры, большая часть которых является слабыми электролитами и по-

лиэлектролитами [5]. На свойства пленкообразующих веществ значительное влияние оказывает полярность их молекул, которая определяется полярностью молекулярных групп с учетом пространственной симметрии их расположения. Полярные соединения содержат в своем составе сильнополярные группы $-OH$; $-COOH$; $-Cl$. Группы $-OCOCH_2$; $-ONO_2$ по полярности занимают промежуточное положение [1].

Образование ДЭС в лакокрасочных системах происходит за счет притяжения полярных групп молекул пленкообразователя и растворителя.

Частицу дисперсной фазы с ДЭС называют мицеллой. Внутреннюю ее часть составляет молекула пленкообразователя, которую плотным кольцом окружают молекулы растворителя (рис. 1).

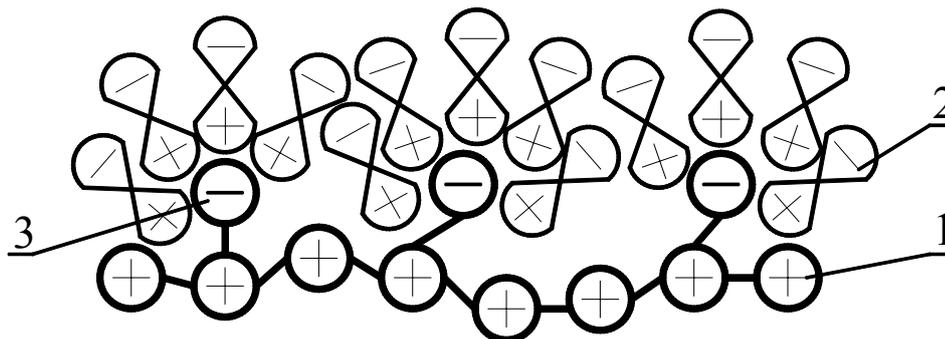


Рисунок 1 – Строение мицеллы

1 – положительные молекулярные группы полимера; 2 – молекулы растворителя; 3 – отрицательные молекулярные группы полимера

ЭЭАУ воздействует на покрытие и приводит к переполяризации молекул растворителя, а также к разрыву ДЭС по плоскости скольжения (А-А на рис. 2). На плоскости скольжения возникает электрокинетический потенциал или ζ (дзета) - потенциал, величина которого сильно зависит от природы контактирующих фаз и определяет скорость перемещения дисперсионной среды через дисперсную фазу в направлении перемещения электронов поля. Полярные группы молекул растворителя притягиваются аэрионами и выходят из слоя покрытия.

Полимерные молекулы пленкообразователя притягиваются полярными группами молекул целлюлозы и адсорбируются на поверхности подложки. Они располагаются таким образом, что с древесиной контактирует только положительная часть полярных молекулярных сегментов, отрицательная часть, находящаяся во взаимодействии с молекулами растворителя, образует петли. С удалением молекул растворителя из слоя покрытия происходит укладка макромолекул, достижение их равномерного расположения и уплотнения. Скорость адсорбции определяется диффузией макромолекул полимера к поверхности древесины и свойствами растворителя [1].

Для обоснования предложенного механизма были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых определялись:

- сила электрического поля (напряженность) под ЭЭАУ;
- кинетика испарения воды и отверждения лакокрасочных покрытий образованных водоразбавляемыми ЛКМ под воздействием ЭЭАУ, образованных в электрическом поле определенной напряженности.

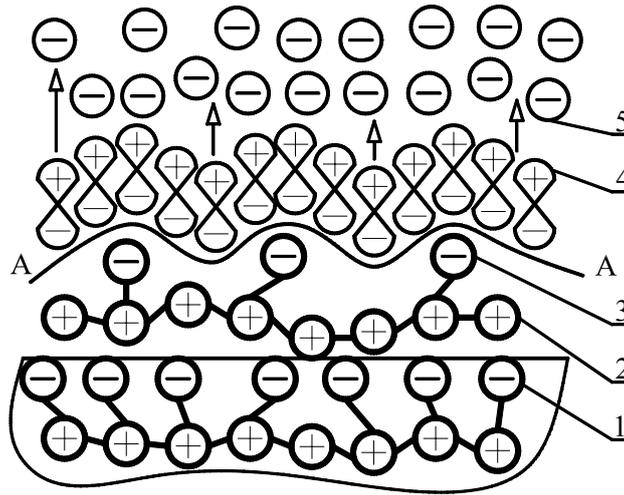


Рисунок 2 – Механизм отверждения покрытий при аэроионизации

1 – полярные группы молекул целлюлозы (-ОН); 2 – положительные группы молекулы полимера; 3 – отрицательные группы молекулы полимера; 4 – поляризованные молекулы растворителя; 5 – аэроионы

Результаты измерений напряженности поля на разных расстояниях под излучателя ЭЭАУ при двух значениях напряжения (12 и 24 кВ) представлены на графике (рис.3).

На основании физической сущности величин напряженности и напряжения в области однородного макрополя (рассматривая излучатель ЭЭАУ как единый коронирующий электрод), были получены расчетные значения напряженности по формуле:

$$E = \frac{U}{h}, \text{ кВ/м} \quad (1)$$

где U – напряжение на излучателе ЭЭАУ, Вт;
 h – расстояние до излучателя ЭЭАУ, м.

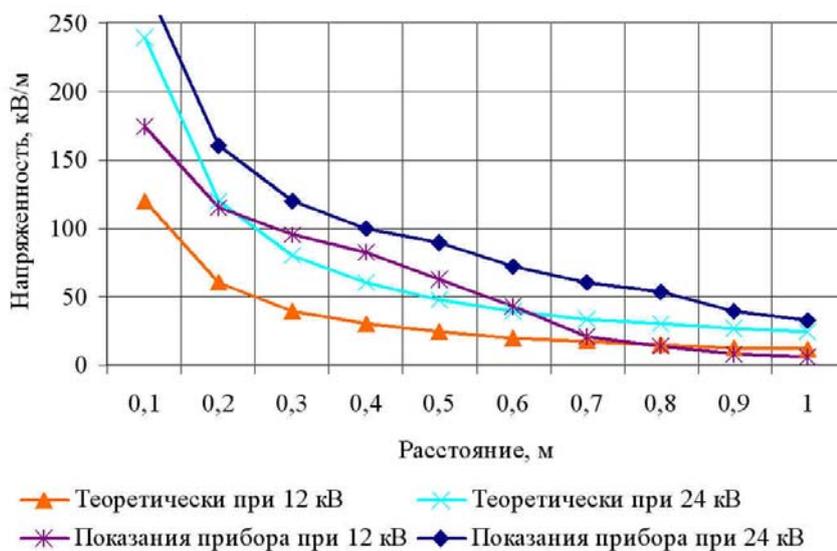


Рисунок 3 – График зависимости напряженности поля от расстояния до излучателя ЭЭАУ

Полученные зависимости экспериментальных и теоретических значений напряженности характеризуют распределение электрического поля под излучателем ЭЭАУ.

Погрешность эмпирических значений может быть обусловлена, во-первых, относительной погрешностью измерения прибора; во-вторых, неабсолютной однородностью электрического поля под излучателем ЭЭАУ. Для поддержания поля на расстоянии от излучателя ЭЭАУ в результате диффузии носителей тока по градиенту концентрации возникают сторонние силы, которые увеличивают величину напряженности при удалении от излучателя.

Для определения кинетики испарения воды под воздействием ЭЭАУ вода наливалась в чашку Петри, взвешивалась и помещалась под излучатель ЭЭАУ. Масса чашки фиксировалась каждые 10 мин. Опыты проводились при разных значениях напряженности поля и в естественных условиях. Полученные экспериментальные зависимости представлены на графике (рис. 4).

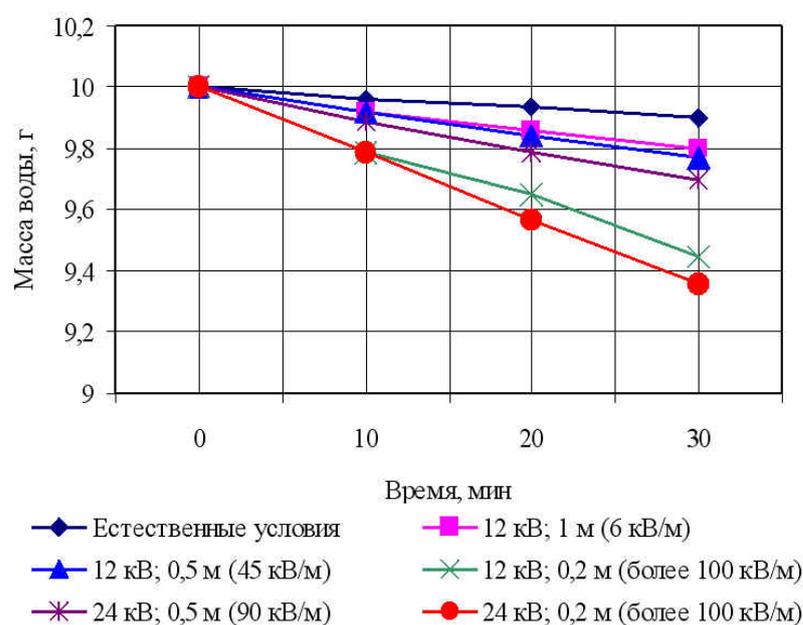


Рисунок 4 – График кинетики испарения воды

В результате эксперимента установлено, что скорость испарения воды прямо пропорциональна силе электрического поля (напряженности). При напряженности поля 120 кВ/м процесс испарения протекает быстрее в 6,4 раза по сравнению с естественными условиями.

Для определения влияния аэроионизации на продолжительность отверждения ЛКП, образованного водным лаком «Эколак», покрытие формировалось на стеклянной подложке. Полученная зависимость времени отверждения от напряженности поля представлена на рис. 5.

По данным проведенных исследований процесс отверждения ЛКП в поле напряженностью 120 кВ/м протекает быстрее в 3 раза по сравнению с естественными условиями. Эффективное применение аэроионизации для отверждения покрытий возможно при напряженности электрического поля не менее 40 кВ/м. В итоге проделанной научно-исследовательской работы предложен механизм отверждения ЛКП при аэроионизации, экспериментально проверенный для водных ЛКМ, который позволяет предполагать, что эффективность применения аэроионизации зависит от полярности

молекул пленкообразователя и растворителя. При этом полярность молекул растворителя должна быть больше.

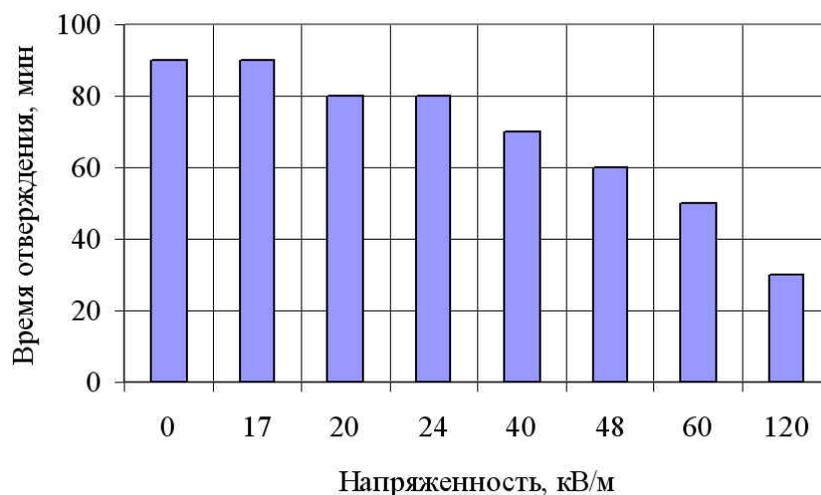


Рисунок 5 – График зависимости продолжительности процесса отверждения лака «Эколак» от напряженности электрического поля

ЭЭАУ, характеризуется малым энергопотреблением (не более 20 Вт в зависимости от установленного выходного напряжения), что свидетельствует об экономической эффективности данного способа и перспективности его дальнейшего развития. Необходимо дальнейшее исследование влияния ЭЭАУ на отверждение ЛКП и установление зависимости между концентрацией АФК от напряженности электрического поля, а также возможность применения данного способа для интенсификации отверждения ЛКМ на основе органических соединений.

Библиографический список

1. Рыбин Б.М. Технология и оборудование защитно-декоративных покрытий для древесины и древесных материалов [Текст]/ Б.М. Рыбин. Учебник для вузов. М.: МГУЛ, 2003. 568 с.
2. Жданова И. В. Анализ способов интенсификации отверждения лакокрасочных покрытий. Материалы II всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: Матер. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. Ч. 1. С. 100-102.
3. Газеев М. В., Жданова И. В., Лещев Е. В. Нетрадиционный подход к отверждению лакокрасочных покрытий на древесине. Урал промышленный – Урал полярный: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: сборник материалов VI Междунар. науч.-техн. конф. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. С. 119-122.
4. Газеев М. В., Жданова И. В., Тихонова Е. В. Совершенствование способов сушки лакокрасочных покрытий, образованных водными лаками. Научное творчество молодежи – лесному комплексу России. Материалы III всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов.– Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. Ч. 1. С. 165-167.
5. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст]/ Ю.Г. Фролов. Учебник для вузов. 3-е изд. М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. 464 с.

Безгина Ю.Н., Герц Э.Ф., Залесов С.В.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) gerz.e@mail.ru

СИСТЕМА РУБОК ДЛЯ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА НА ЛЕСОТИПОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

THE CUTTING SYSTEM FOR URAL REGION ON THE FOREST- TYPOLOGICAL BASIS

Характеристики насаждения оказывают неоднозначное влияние на возможность и предпочтительность использования, как отдельных машин, так и систем машин и технологий их работы. Это влияние может быть прямым, когда один или несколько параметров насаждения определяют или исключают принятие варианта или опосредованное, когда некоторые характеристики насаждения определяют способ рубки оказывающий влияние на выбор машин и технологии их работы. Причем влияние характеристик насаждения на выбор параметров технологического процесса может выражаться в виде экологических, социальных или экономических критериев или ограничений.

Рельеф и условия увлажнения ограничивают возможность применения самоходных лесозаготовительной машины (ЛЗМ), используемые движители и массу машин. На ограничение этих параметров может оказывать влияние породный состав древостоя, функции леса (хозяйственная группа) и время года, в которое выполняются рубки.

Показатели, характеризующие запас древесины, крупномерность деревьев могут накладывать ограничения на применение машин (в виде требования возможности выполнения работ) и выступать в качестве факторов определяющих их эффективность.

Наличие или отсутствие подроста хозяйственно ценных пород при выполнении рубок главного пользования также накладывает существенные ограничения на выбор оборудования и технологий, исключая применение узкозахватных машин, узкопосечных технологий и технологий, предусматривающих перемещение волоком длинномерных лесоматериалов.

Все рассмотренные аспекты влияния характеристик насаждения на **экологические** критерии сводятся, таким образом, к ограничению:

- повреждений плодородного слоя почвы и живого напочвенного покрова при перемещении лесоматериалов и машин, величина которых определяется типом движителя и массой ЛЗМ, числом ее проходов по волоку, способу перемещения лесоматериалов;

- повреждений деревьев оставляемых на доращивание и подроста, величина и риски, возникновения которых определяются плотностью формируемого древостоя и подроста, их размещением по площади лесосеки, способом перемещения лесоматериалов и их длиной, а также местом выполнения технологических операций;

- ограничение степени изреживания, в том числе путем сокращения густоты сети трелевочных волоков. Причем сокращение густоты сети трелевочных волоков позволяет достигнуть относительного снижения повреждения почвы за счет сокращения площади повреждений.

Таким образом, при выборе оборудования и технологии рубок по экологическим критериям при заданном способе рубок наиболее значимыми характеристиками насаждения являются:

- характеристики грунтов определяющие их повреждаемость (возможность пластической деформации и уплотнения);
- характеристика живого напочвенного покрова и допустимость или целесообразность его повреждения;
- породный состав и густота формируемого древостоя и имеющегося подроста.

Двухфакторное поле сочетания грунтовых условий и характеристик рубок представлено таблицей, в которой повреждаемость грунтов оценена на основе характеристики почв и режима их увлажнения в соответствии с классификацией хозяйственных групп типов леса принятых для Уральского региона [1]. Все 7 выделенных хозяйственных групп типов леса соответствуют 5 градациям по режиму увлажнения. К 1 и 2 хозяйственным группам типов леса отнесены дренированные участки с крайне неустойчивым водным режимом, а к 6 и 7 группам – местоположения с устойчивым переувлажнением почв.

Таблица – Двухфакторное поле сочетания возможных грунтовых условий и характеристик рубок

Индекс устойчивости	Устойчивость грунтов при их деформации	Густота формируемого древостоя, шт./га				
		0(спл. рубка)		400-600	900-1100	1500-1700
		без подроста	с подростом			
1.	Очень устойчивы	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
2.	Устойчивы	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
3.	Устойчивы, но легко разрушаемы	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
4.	Малоустойчивы	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
5.	Неустойчивы	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5

Степень изреживания при проведении рубок в приспевающих и спелых древостоях соответствует условиям проведения:

- сплошных рубок (отсутствие древостоя) без сохранения и с сохранением подроста;
- несплошных рубок (равномерно-постепенных, выборочных) при главном пользовании (прием рубок предшествующий окончательному; диапазоны густот формируемого древостоя 400 – 600 дер./га);
- проходных рубок высокой интенсивности (диапазон густот формируемого древостоя 900–1100 дер./га);
- проходных рубок и низкой интенсивности (диапазон густот формируемого древостоя 1500–1700 дер./га).

Вероятность беспрепятственной заготовки деревьев в древостоях различных густот механизированной системой машин и манипуляторными ЛЗМ рассмотрена в работах [2-5].

Допустимость технологии определяется:

- типом двигателя ЛЗМ;
- максимальным числом проходов трелевочного трактора по пасечному волоку;
- проходимость и повреждаемостью почвогрунтов (необходимостью укрепления волока порубочными остатками);
- способом изреживания;
- шириной пасеки;
- видом (длиной) трелеваемых лесоматериалов и способом их захвата.

Для представленных в таблице условий рубок технологии должны удовлетворять требованиям:

1. Почвенные условия соответствуют 4^{ой} (липняково – разнотравная) хозяйственной группе типов леса на хорошо дренированных возвышенностях и пологих склонах. На крутых склонах устойчивость почв к деформации снижается.

Предпочтительна трелевка тракторами с колесными двигателями, также допускаются и гусеничные двигатели, применение которых может быть предпочтительным в сосняках, с целью создания благоприятных условий появления всходов сосны. Длина пасечных волоков ограничивается в весенний и осенний периоды, а также в местоположениях склонных к эрозии почв (крутые склоны). Для полного предотвращения эрозии почв на крутых склонах волоки следует располагать поперек склона.

2. Почвенные условия соответствующие 3^{ей} (ягодниковой) хозяйственной группе типов леса, насаждения которой располагаются на средних и нижних третях склонов средней крутизны, недостаточно дренируемых спокойных возвышенностей.

Предпочтительно использование легких тракторов с гусеничными двигателями и пневмокатками, например трех- и четырехосные колесные ЛЗМ снабженные гусеницами. Длина пасечных волоков ограничивается в весенний и осенний периоды. В весенне-осенний период следует использовать технологии предусматривающие укрепление волоков порубочными остатками. Применение ЛЗМ и трелевка тяжелыми тракторами не допускается в весенний и осенний периоды.

3. Почвенные условия соответствуют 1^{ой} (нагорная) и 2^{ой} (брусничная) хозяйственным группам типов леса при близком подстилании горных пород.

Допускается только трелевка шарнирно-сочлененными тракторами с колесными двигателями, в полностью погруженном положении. Длина пасечных волоков не ограничивается.

4. Почвенные условия соответствуют 5^{ой} (крупнотравно-приручьевая, долгомошная) хозяйственной группе типов леса расположенных в логах, долинах ручьев и рек и других, слабо дренированных местоположениях.

При непромерзшем грунте трелевка тракторами не допускается. В этих условиях следует применять для трелевки канатные установки и лебедки, обеспечивающие перемещение лесоматериалов к месту складирования или укрепленным транспортным путям допускающим работу трелевочных тракторов.

5. Почвенные условия соответствуют 6^{ой} (мшисто-хвощевая) и 7^{ой} (сфагновая и травяно-болотная) хозяйственным группам типов леса расположенных в неглубоких понижениях на плоских водоразделах и надпойменных широких речных долинах.

Работа ЛЗМ и трелевочных тракторов возможна только в зимнее время при промороженных грунтах.

Библиографический список

1. Правила рубок главного пользования в лесах Урала. М., 1994. 32с.
2. Герц Э.Ф. Оценка технологии лесопользования на лесосечных работах. Екатеринбург, 2003. 119 с.
3. Герц Э.Ф., Азаренок В.А., Безгина Ю.Н. О риске повреждения элементов леса при трелевке Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие: Материалы докладов Международной научно-технической конференции; - 6 декабря 2002 г., г. Минск: в 2ч. – Мн.: БГТУ, 2002.-Ч.2. – с. 49 – 52.
4. Герц Э.Ф., Безгина Ю.Н., Мехренцев А.В. Оценка вероятности заготовки деревьев при несплошных рубках манипуляторной ЛЗМ Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие: Материалы докладов Международной научно-технической конференции; - 6 декабря 2002, г. Минск: в 2ч. – Мн.: БГТУ, 2002.-Ч.2. – с. 201 – 205.
5. Герц Э.Ф., Залесов С.В. Повышение лесоводственной эффективности несплошных рубок путем оптимизации валки назначенных в рубку деревьев «Лесное хозяйство», №5, 2003г, с. 18-20.

Синегубова Е.С. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ),

Григоров И.Г. (ИХТТ УрО РАН, Екатеринбург) grigorov@ihim.uran.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОКРЫТЫХ ЛАКОМ, С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

THE INVESTIGATION OF VANISHED WOOD MATERIAL SURFACES BY THE ATOMIC FORCE MICROSCOPE

Развитие научно-технического направления – НАНОТЕХНОЛОГИЯ, охватывающее широкий круг, как фундаментальных, так и прикладных исследований, стимулировало разработку новых экспериментальных методов изучения материалов. Наиболее информативными визуальными методами наблюдения наноструктур являются методы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ), предложенные Нобелевскими лауреатами 1986 году – профессором Генрихом Рореру и доктором Гердом Биннигом. В этом же году Биннигом был предложен, а Христианом Гербергом изготовлен первый атомно-силовой микроскоп (АСМ) [1].

Применение зондовой микроскопии позволило исследовать нанообъекты различной природы – от конденсированных сред до биообъектов. Это привело к тому, что СЗМ стали наиболее востребованными на мировом рынке таких классов приборов для научных исследований. Простота методов визуализации нанообъектов и относительно несложная конструкция СЗМ позволили многим исследовательским группам конструировать самодельные СЗМ и экспериментировать в данном направлении.



Рисунок 1 – Сканирующий мультимикроскоп СММ2000 завода «Протон-МИЭТ»

В данной работе приведена попытка исследования лакированной поверхности древесины (шпона) с помощью АСМ СММ 2000 (рис.1 -3).

Программное обеспечение СММ 2000 позволяет определить основные параметры шероховатости поверхности. На рис. 4 приведены два участка поверхности шпона размерами 38.48 x 38.48 мкм и 18.51 x 18.51 мкм, а также данные соответствующих профилей.

По данным рис. 4 следует, что среднеквадратичная шероховатость (R_q) равна 43.58 нм, а максимальная высота рельефа 84.45 нм для поверхности 38.48 x 38.48 мкм, и соответственно 22.62 нм и 34.56 нм для 18.51 x 18.51 мкм. По спектральным характеристикам (дифференциальной и интегральной) профиля можно сделать вывод, что количество гребней больше количества впадин, но впадины имеют большую глубину.

На рис. 5 приведено трехмерное изображение поверхности шпона размером 38,48 x 38,48 мкм. Трехмерное изображение позволяет в более наглядной форме оценить характерные особенности шероховатости поверхности.

Более подробно о разработках завода «ПРОТОН-МИЭТ» г. Зеленоград можно узнать на сайте www.zproton.ru.

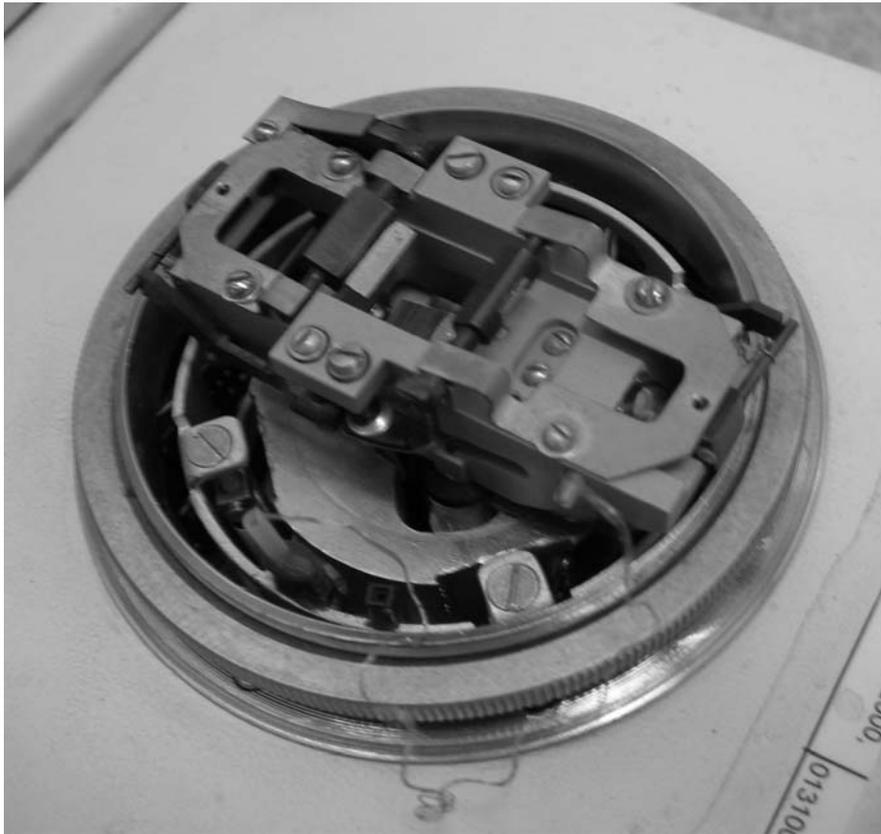


Рисунок 2 – Вид атомно-силовой приставки СММ 2000

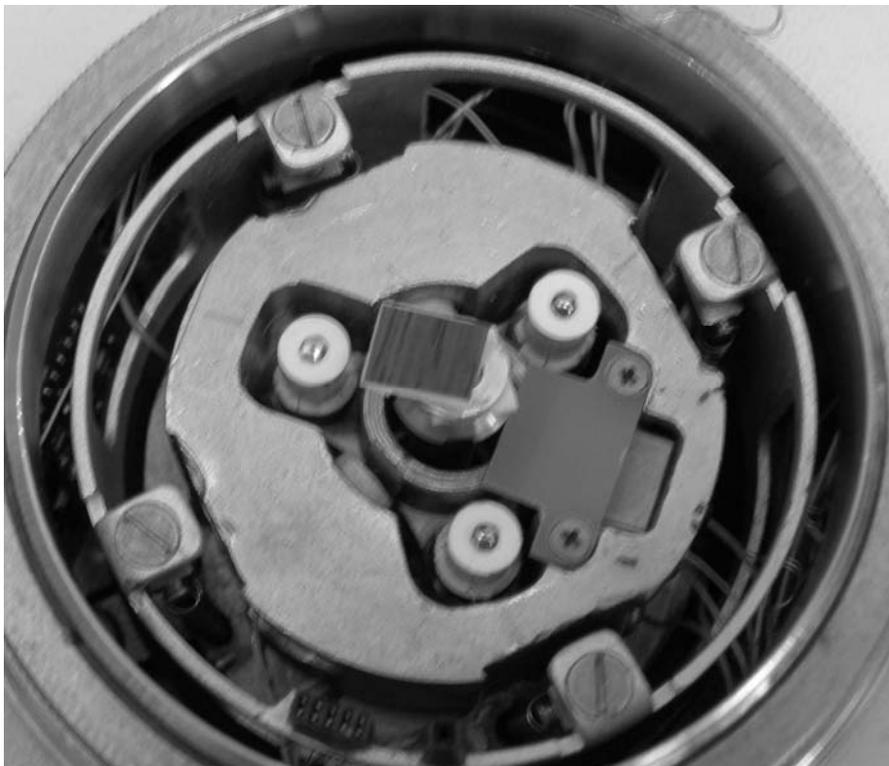


Рисунок 3 – Установка объекта исследования в сканер СММ 2000

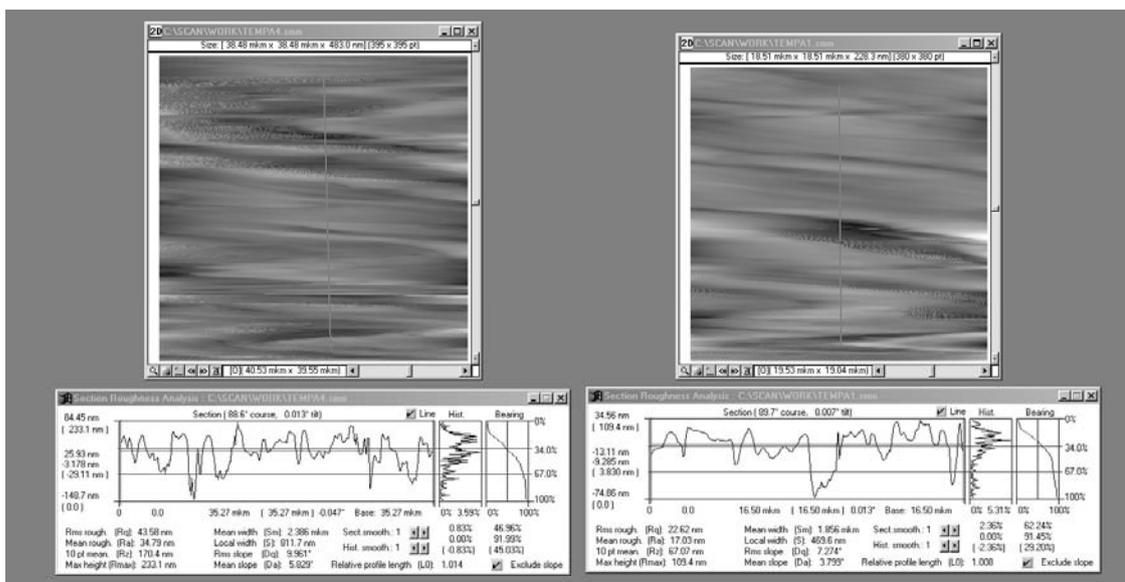


Рисунок 4 – Два участка поверхности шпона с размерами 38,48 x 38,48 мкм и 18,51 x 18,51 мкм, а также данные соответственных вертикальных профилей

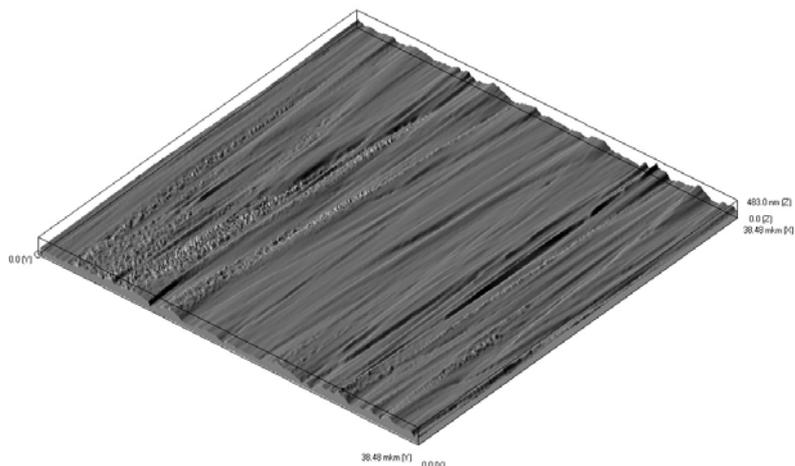


Рисунок 5 – Трехмерное изображение поверхности шпона, АСМ

Зонд (кантилевер) АСМ СММ 2000 имеет очень хрупкую конструкцию, поэтому при исследовании поверхностей с шероховатостью более ± 1 мкм его легко можно сломать. Поэтому, для исследования сильно развитых поверхностей, к каким относятся поверхности деревянных деталей, наиболее пригоден СЗМ, разработанный в Технологическом институте сверхтвердых и новых углеродных материалов (ТИСНУМ) г. Троицк. Данный СЗМ «НАНОСКАН» имеет пьезорезонансный кантилевер камертонной конструкции с высокой изгибной жесткостью консоли ($\sim 5 \times 10^4$ Н/м), что позволяет использовать его не только в качестве зонда для получения трехмерного изображения, но и в качестве нанотвердомера. Более подробную информацию о СЗМ «НАНОСКАН» можно получить, если обратиться по адресу e-mail: nanoscan@newmail.ru.

Библиографический список

1. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техносфера, 2004. – 144 с.

Еранкин С.В. (*Институт органического синтеза УрОРАН*
г. Екатеринбург, РФ),

Гиндулин И.К., Юрьев Ю.Л. (*УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ*)
tradeek@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ АКТИВНОГО ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА

THE RESEARCH PROCESS OF ACTIVE CHARCOAL OXIDATION BY AIR OXYGEN

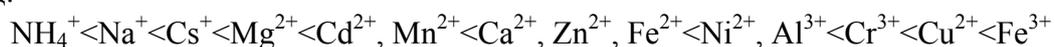
В настоящее время перед лесопромышленным комплексом достаточно остро стоит проблема безотходных технологий. Одним из решений является термохимическая переработка отходов лесопиления с получением ценных продуктов на базе древесного угля. Это направление ранее сдерживалось проблемой экологической опасности производства, которая в последнее время успешно решена. Производство древесного угля на территории РФ развивается высокими темпами. Одним из перспективных направлений переработки древесного угля является получение модифицированных продуктов с развитой нанопористой структурой, в частности – окисленного угля.

Окисленный уголь – это форма твердого углерода, содержащая на своей поверхности кислородсодержащие функциональные группы. Для производства окисленных углей в промышленных масштабах возможно использование в качестве сырья как ископаемых (бурых или каменных) углей, так растительных углей. Древесные угли имеют несомненное преимущество перед минеральными углями – развитую пористую структуру, что облегчает процессы активации и окисления углей и позволяет получать продукт с более высокой сорбционной емкостью.

На поверхности окисленных углей существуют разнообразные кислородсодержащие функциональные группы. Та часть этих групп, которая обладает кислотными свойствами, имеет разную химическую природу и весьма различную способность к ионизации в водных растворах. Вследствие этого окисленные угли являются полифункциональными катионообменниками с широким диапазоном изменения кислотных свойств, ответственных за способность к ионному обмену протогенных групп. На поверхности окисленных углеродных сорбентов были обнаружены карбоксильные группы, лактонные и лактольные структуры, которые при подходящих условиях могут преобразовываться в карбоксильные группы, фенольные и спиртовые гидроксилы, карбонилы (карбосилол, хиноидные, альдегидные, кетонные), гидроперекисные группы. Вследствие наличия на поверхности окисленного угля кислотных групп возможно замещение ионов водорода этих групп катионами металлов. При этом наблюдается эквивалентность ионного обмена (с поправкой на сорбцию анионов не окисленными участками поверхности угля), однако при сорбции ряда ионов, особенно склонных к комплексообразованию эквивалентность уже не наблюдается, что может быть связано с необменной сорбцией катионов, поглощенных частично закомплексованных форм. Наличие на поверхности окисленного угля большого числа различных кислотных группировок, содержащих координационно-ненасыщенные атомы кислорода, легкость пере-

мещения электронов по цепи сопряженных связей создают предпосылки к тому, что при взаимодействии углей с отдельными катионами металлов будет происходить не просто обмен ионов водорода на соответствующие катионы, но и образование более или менее прочных поверхностных комплексов, в которых функциональные группы углей выступают в качестве лигандов. Эти обстоятельства и обуславливают ряд особенностей, отличающих обмен катионов на окисленном угле от обмена на других ионитах.

По способности поглощаться окисленным углем катионы можно расположить в такой ряд:



На окисленных углях во многих случаях при поглощении из смесей сорбция сильнее поглощаемых ионов практически происходит так, как будто менее сорбируемый ион в смеси просто отсутствует. Селективное поглощение микрокомпонентов наблюдается в очень многих системах – при сорбции примесей щелочноземельных, переходных и других многозарядных ионов из растворов солей и гидроокисей щелочных металлов и аммония, следовых количеств бериллия, меди, железа из растворов солей щелочноземельных металлов, примесей меди и железа из растворов солей алюминия, цинка, кадмия и др. В отличие от окисленного угля, на других ионитах наличие конкурирующих ионов сразу снижает сорбцию многих ионов даже тогда, когда разделяемые ионы сильно различались по поглотительной способности при сорбции из индивидуальных растворов. Различия в прочности связи отдельных ионов с окисленным углем настолько велики, что удается проводить количественное извлечение микрокомпонентов при огромном избытке одноименно заряженных ионов, что обусловило широкое применение окисленного угля для глубокой очистки различных реактивов от микропримесей и других тонких химических разделений.

Получение окисленного древесного угля является многостадийным процессом и осуществляется в следующем порядке: пиролиз древесины, активация полученного древесного угля, окисление поверхности активного древесного угля. В процессе пиролиза происходит изменение пористой структуры древесной матрицы. Структура березовой древесины и полученного из нее березового угля-сырца показана на рисунках 1 и 2 соответственно.

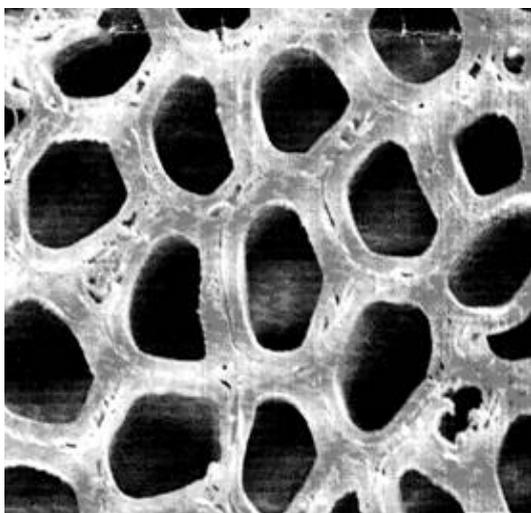


Рисунок 1 – Структура березовой древесины

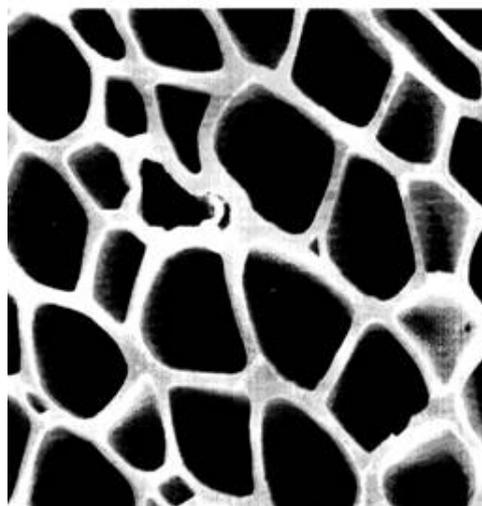


Рисунок 2 – Структура березового угля-сырца

Активация позволяет получать угли с внутренней площадью поверхности до 1500 м^2 на грамм угля. Именно благодаря этой огромной площади внутренней поверхности активные угли являются прекрасными адсорбентами. Тем не менее, не вся эта площадь может быть доступна для адсорбции, поскольку крупные молекулы адсорбируемых веществ не могут проникать в поры малого размера. На рисунке 3 показана структура растительного активного угля.

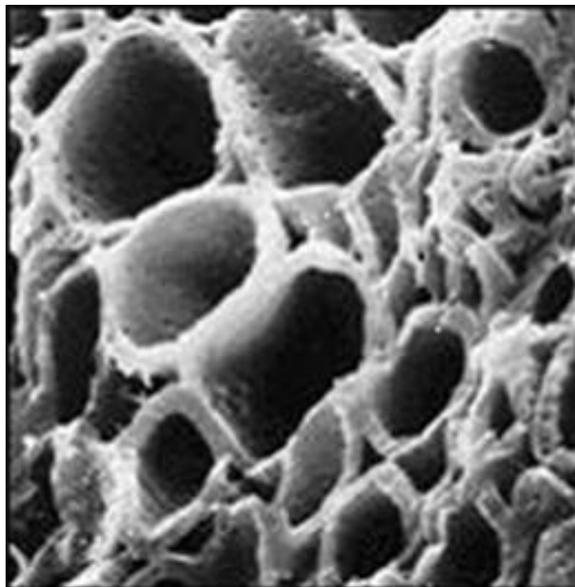


Рисунок 3 – Структура растительного активного угля

Третьей, заключительной стадией получения древесного окисленного угля является собственно окисление поверхности активного древесного угля. Окисление угля очень медленно проходит на воздухе и при комнатной температуре. Получение углеродных сорбентов с катионообменными свойствами может быть осуществлено при обработке угля в газовой или жидкой фазе. При окислении угля происходит несколько параллельных процессов: каталитическое разложение окислителя, окислительно-восстановительное взаимодействие с углем с образованием поверхностных и фазовых окислов, а также частичное разрушение структуры с образованием веществ гуминового характера, которые в дальнейшем могут смываться в раствор. Полезным из этих процессов является только один – образование поверхностных окислов. Наиболее реакционноспособными на поверхности являются дефекты структуры, атомы на углах и гранях кристаллитов. Неактивированные и малоактивированные карбонизаты дают меньше товарного продукта, но окисляются намного лучше, чем активированные угли, что связано с первичным окислением алифатических фрагментов, а затем уже матрицы угля. Чем более упорядочена структура поверхности, тем труднее процесс образования поверхностных окислов.

Для создания оптимальной технологии требуется нахождение таких условий, в которых в наибольшей степени происходило бы поверхностное окисление с возможно меньшим расходом окислителя, энергии, обгаром угля и образованием гуминовых веществ.

Основные недостатки при окислении азотной кислотой – невысокая химическая устойчивость продукта в щелочных средах, образование гуминовых веществ, образование во время процесса окисления токсичных веществ.

При окислении гипохлоритом натрия получают окисленные угли с вполне удовлетворительными характеристиками, но необходима отмывка для перевода окисленного угля в Н-форму и, как следствие, расход HCl и воды.

Окисление перекисью водорода приводит к образованию окисленных углей хорошего качества, не требует отмывки, но зачастую происходит разложение перекиси под каталитическим действием углерода без воздействия на поверхность угля, что приводит к непомерно большому расходу окислителя, соотношение по массе «перекись водорода : древесный активный уголь» может составлять до 700:1, в зависимости от исходного сырья и необходимой степени окисленности конечного продукта.

Наиболее предпочтительным является окисление воздухом, при котором возможно получение несколько различных по свойствам древесных окисленных углей. Трудностью данного метода является соблюдение оптимальных условий окисления. Отклонение от них приводит либо к высокому обгару угля, либо к получению продукта с низкой катионообменной емкостью.

Работами, проведенными на кафедре химической технологии древесины УГЛТУ, показано, что основными факторами, влияющими на выход и качество древесного окисленного угля при окислении воздухом, являются температура и продолжительность процесса окисления.

Зависимость величины обгара от температуры показана на рис. 4.

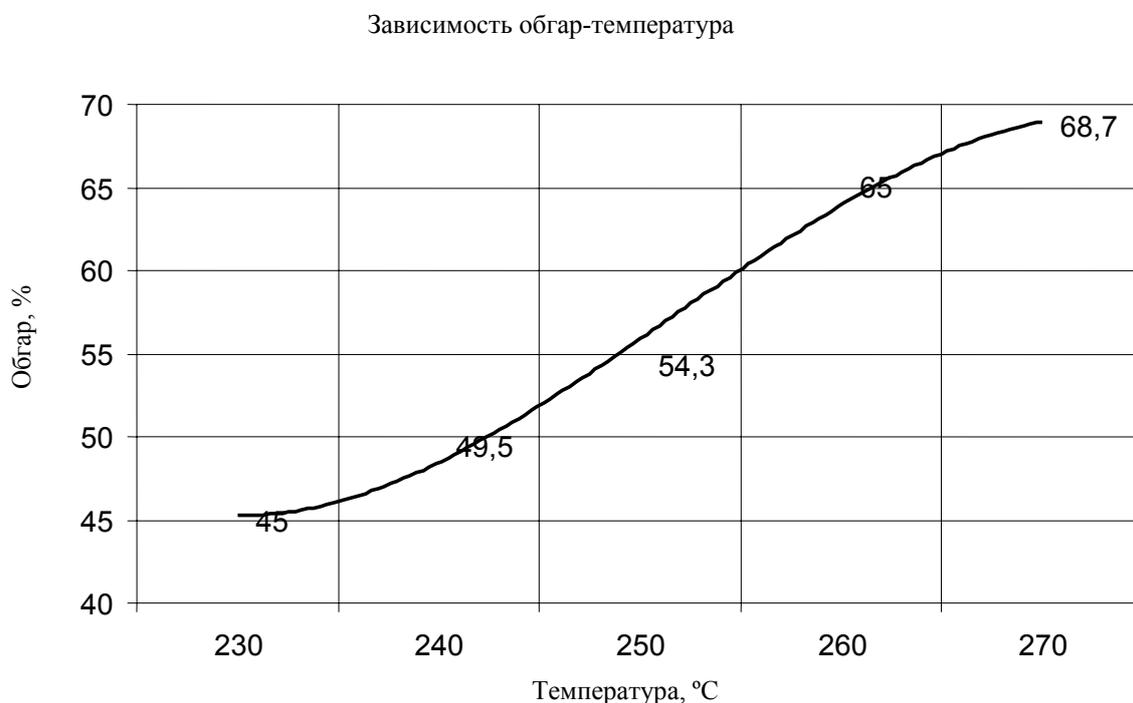


Рисунок 4 – Зависимость величины обгара от температуры

Из графика видно, что с повышением температуры окисления с 230 до 260⁰C обгар увеличивается на 20%, т. е. возрастает от 45 до 65% от загрузки.

Одним из показателей, определяющих качество древесного окисленного угля является сорбционная общая емкость (СОЕ) по щелочи, которая отражает количество разнообразных кислородсодержащих функциональных групп. Чем больше значение СОЕ, тем больше кислородсодержащих функциональных групп. На рисунке 5 показана зависимость СОЕ от температуры.

Из рисунка 5 видно, что повышение температуры ведет к увеличению значения СОЕ. При температуре окисления ниже 240°C получается продукт с низким значением СОЕ. В интервале температур 240...255 °C величина СОЕ практически не изменяется. При температурах 260 °C ... 270 °C происходит существенное увеличение значения СОЕ, но величина обгара в этих условиях превышает 60%.

Зависимость СОЕ-температура

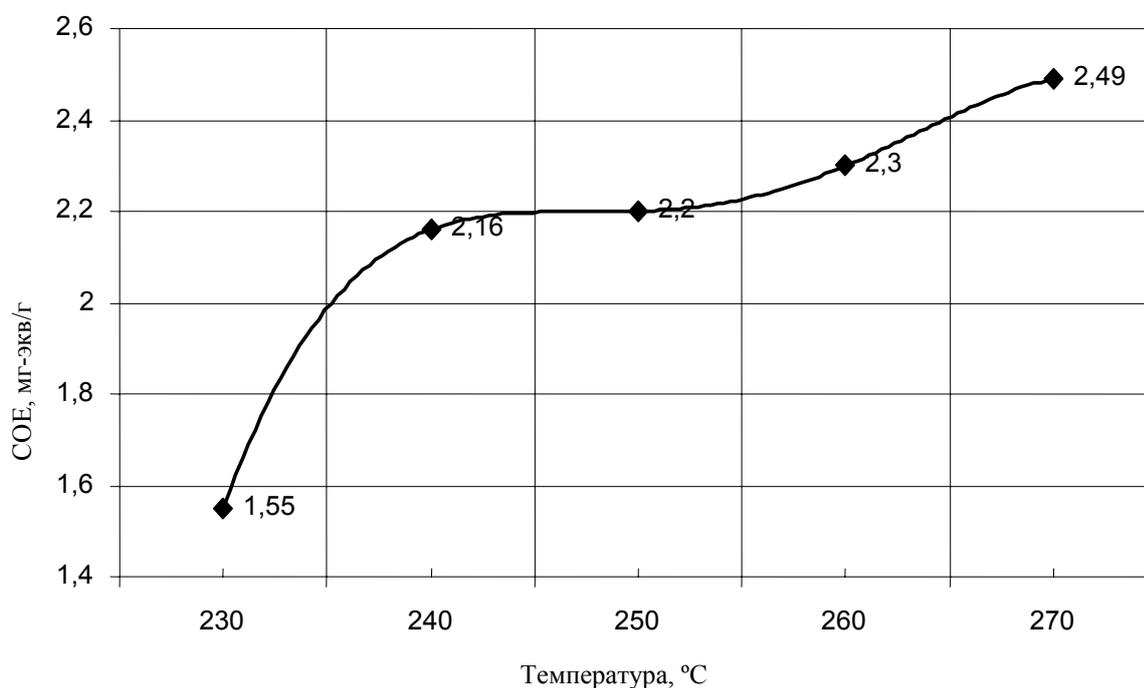


Рисунок 5 – Зависимость СОЕ от температуры

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Показано, что возможно получение окисленного угля с величиной СОЕ около 2 мг-экв/г путем окисления насыщенным воздухом при температуре не выше 270 °C, до этого по литературным данным считалось, что для получения подобного продукта необходима температура около 400 °C;

2. Получены данные, необходимые для расчета кинетики процесса окисления АУ воздухом;

3. По результатам эксперимента можно сделать вывод, что наиболее рационально проводить окисление при температуре 240°C. При этом получен продукт с величиной СОЕ более 2мг-экв./г при обгаре около 50%.

Жданов Н.Ф., Газеев М.В., Жданова И.В., Тихонова Е.В.

(УГЛТУ, Екатеринбург, РФ)

**АЭРОИОНИФИКАЦИЯ, КАК СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ
ОТВЕРЖДЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ,
ОБРАЗОВАННЫХ ВОДНЫМИ ЛАКАМИ**

*THE AIR IONIZATION AS INTENSIFICATION WAY OF DRYING
COATINGS BASED ON WATER LACQUERS*

Использование водных лакокрасочных материалов (ЛКМ) в настоящее время получает все большее распространение, поскольку образованные ими покрытия по своим декоративным и эксплуатационным характеристикам значительно превосходят показатели покрытий на основе органических растворителей [1]. Продолжительное время отверждения покрытий на основе вододисперсионных ЛКМ ввиду низкой скорости испарения воды является их недостатком. С целью ускорения этого процесса применяют различные способы интенсификации отверждения лакокрасочных покрытий (ЛКП): конвективный, радиационно-химический, терморadiационный и др. Все эти способы обладают рядом недостатков [2].

В лаборатории кафедры механической обработки древесины УГЛТУ проведен эксперимент. Цель эксперимента - сокращение времени отверждения ЛКП, образованных вододисперсионными акриловыми ЛКМ [2, 3]. Для этого применялось электроэффлювиальное аэроионизационное устройство (ЭЭАУ), предназначенное для осуществления процесса ионизации. В результате действия устройства происходит формирование активных форм кислорода (отрицательные аэроионы кислорода воздуха). По данным экспериментальных исследований было установлено, что образующиеся активные формы кислорода (АФК) приводят к ускорению процесса пленкообразования покрытий, т.е. АФК являются инициаторами отверждения ЛКП.

Известно, что процесс пленкообразования ЛКП на основе водных лакокрасочных материалов происходит в результате радикальной окислительной полимеризации, т.е. в реакции полимеризации участвует кислород воздуха. Скорость радикальной полимеризации зависит от концентрации кислорода, которая определяется глубиной слоя, вязкостью полимеризующейся системы и степенью ее структурирования [4, 5].

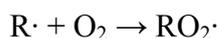
Радикальная полимеризация обычно включает несколько химических стадий: иницирование, рост цепи, обрыв цепи [6]. Иницирование радикальной полимеризации состоит в создании в реакционной системе свободных радикалов, способных начать реакционные цепи. Наиболее распространенный и применяемый метод в данном случае основан на осуществлении в среде мономера термического гомолитического распада нестойких веществ - инициаторов. При этом в качестве инициаторов используют различные перекиси (перекись бензоила). В нашем случае формирование первичных радикалов происходит вследствие взаимодействия мономеров с кислородом воздуха и образования перекисей и гидроперекисей.

Кислород в воздухе находится в нейтральном неактивном состоянии. Его воздействие на отверждаемую систему обусловлено двумя последовательными сме-

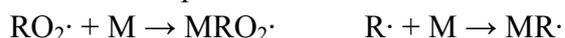
няющимися процессами - ингибированием и иницированием пленкообразования. После нанесения ЛКМ на подложку концентрация кислорода в реакционной системе будет велика, поскольку поверхность контакта кислорода с этой системой большая.

Кислород проникает в покрытие и взаимодействует с частицами ЛКМ. Образуются первичные радикалы, которые вступают в реакцию с кислородом, обладающим большей реакционной способностью, чем мономеры. В результате этого формируются перекисные соединения. Это приведет к ингибированию реакции [5]. В этот период радикальной полимеризации протекают следующие реакции:

Развитие цепи окисления



Рост полимерной цепи



Обрыв цепи



Основой дисперсной фазы вододисперсионных акриловых ЛКМ являются мономеры эфиров метакриловой и акриловой кислот. В результате ингибирующего действия кислорода на полимеризацию мономеров этих кислот замедляется реакция образования полимера, происходит заторможенная сополимеризация мономера с кислородом. Перекисные радикалы неактивны в реакции роста цепи, что приводит к резкому снижению длины цепей полимерной перекиси.

Постепенно по мере протекания реакции полимеризации в присутствии кислорода воздуха происходит формирование низкомолекулярного сополимера. Его образование приводит к увеличению вязкости системы, что затрудняет диффузию кислорода в покрытие: при этом приток кислорода уменьшается и в какой-то момент концентрация кислорода становится настолько незначительной, что кислород перестает играть роль ингибитора полимеризации. Кислород превращается в инициатора реакции полимеризации.

Образовавшиеся в ходе реакции низкомолекулярные сополимеры со строгим чередованием молекул мономера М и кислорода (полимерные перекиси): $\cdots M - OO - (- M - OO -)_n - M - OO - \cdots$ начинают распадаться, образуя радикалы. В результате дальнейшего взаимодействия радикалов с мономерами ЛКМ происходит процесс полимеризации.

Воздействие АФК в качестве инициатора при взаимодействии с мономерами пленкообразователя приводит к ускорению процесса отверждения покрытий. АФК являются более активными веществами по сравнению с молекулярным кислородом [7]. Иными словами АФК – это химические катализаторы реакции полимеризации. При этом полимеризация протекает в результате окислительно-восстановительной реакции через стадию свободных радикалов. Отличительной чертой реакции является низкая энергия активации, что позволяет проводить полимеризацию в условиях комнатной температуры.

Первичные радикалы, которые образуются в процессе реакции, вступают в дальнейшее взаимодействие с мономерами с последующим формированием пространственно сшитого полимера. Происходит формирование твердого покрытия.

При взаимодействии ЛКМ с АФК (отрицательными аэроионами) этапы иницирующего и ингибирующего воздействия кислорода присутствуют, но обе эти стадии процесса полимеризации протекают при более высоких скоростях.

Под действием разницы потенциалов, которая возникает между электроэффлювиальным излучателем (ЭЭИ) и поверхностью подложки с нанесенным ЛКП, образующиеся АФК быстрее проникают в покрытие. Отрицательные аэроионы притягиваются к положительно заряженной подложке. Происходит дополнительное ускорение процесса взаимодействия аэроионов с мономерами ЛКП.

Для подтверждения предложенной теории в лаборатории кафедры механической обработки древесины УГЛТУ провели эксперимент по воздействию потока АФК на отверждение ЛКП. Исследование процесса отверждения ЛКП осуществляли на стеклянных и деревянных подложках, в качестве исследуемых ЛКМ применялись: лаки Балет+ п/глянц., Эколак П и Эколак ТИК, краска Экопласт, грунтовка Экогрунт бел. и б/цв. Для сравнения проведены испытания, в которых контрольная группа образцов с нанесенным ЛКП помещалась в естественные условия (при отсутствии воздействия на отверждаемое покрытие потока отрицательных аэроионов). По результатам испытаний установлено, что отверждение ЛКП под действием ЭЭАУ происходит быстрее (рис.1).

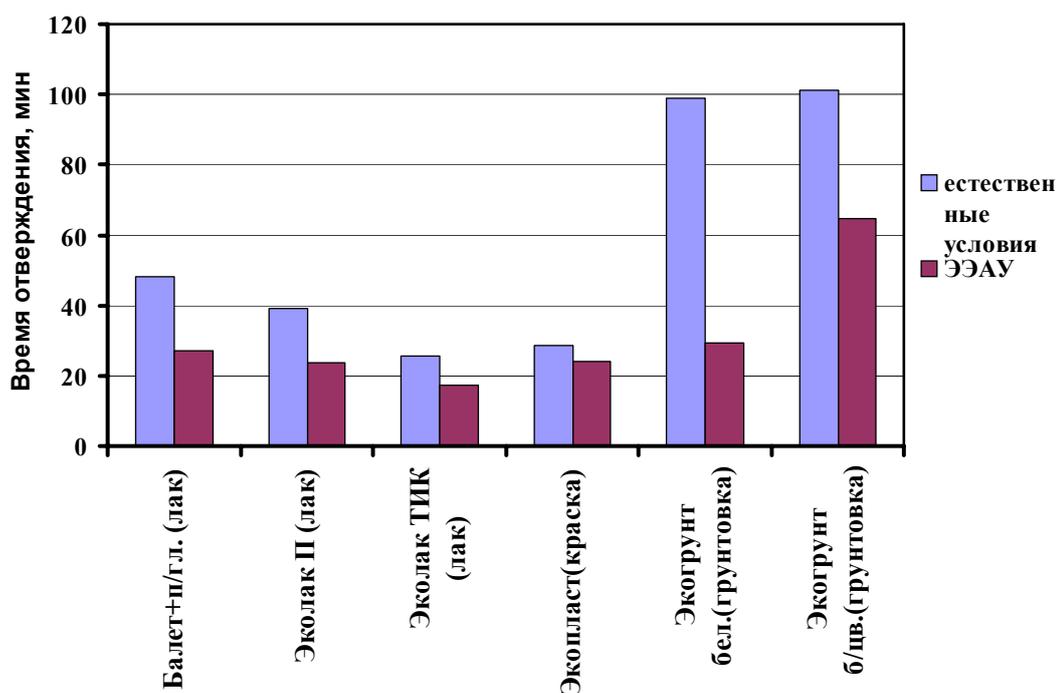


Рисунок 1 – Время отверждения ЛКП в естественных условиях и в ЭЭАУ

Для эксперимента искусственно создавался поток воздуха, направляющий АФК от ЭЭИ к поверхности отверждаемого ЛКП. В ходе испытаний определялась концентрация АФК на различном расстоянии от ЭЭИ. Установлено, что с увеличением расстояния до ЭЭИ концентрация АФК снижается. Значение концентрации АФК изменяется непропорционально, т.к. на ее величину оказывают сильное влияние скорость и направление потока воздуха. График зависимости концентрации АФК представлен на рис. 2.

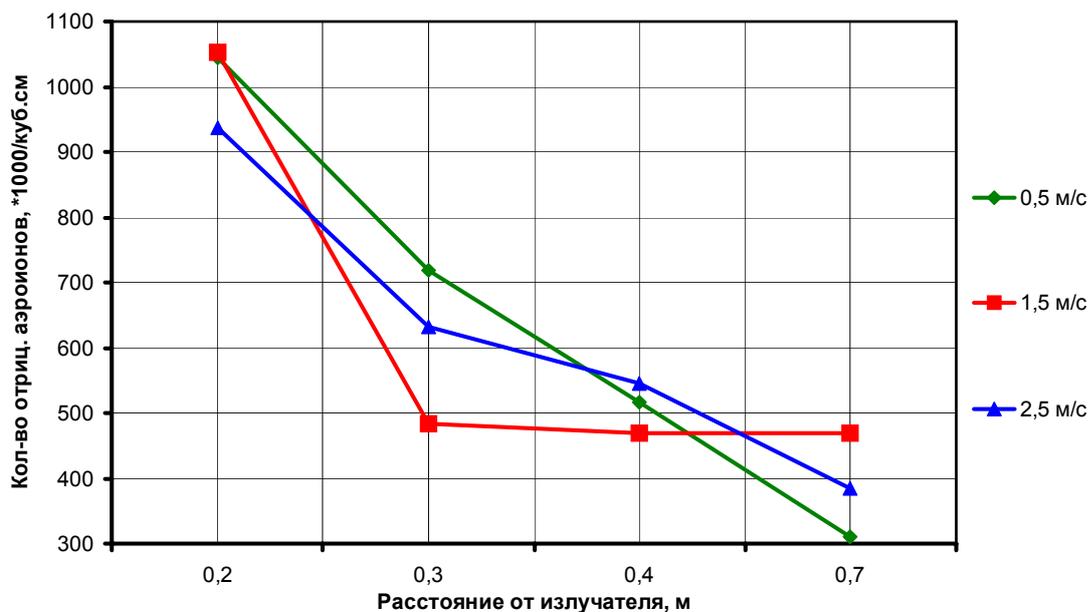


Рисунок 2 – Зависимость количества АФК от расстояния до ЭЭИ и скорости потока воздуха

Результаты определения времени отверждения покрытия при разных значениях скорости подачи воздуха и расстояния от ЭЭИ до поверхности ЛКП представлены на рис. 3.

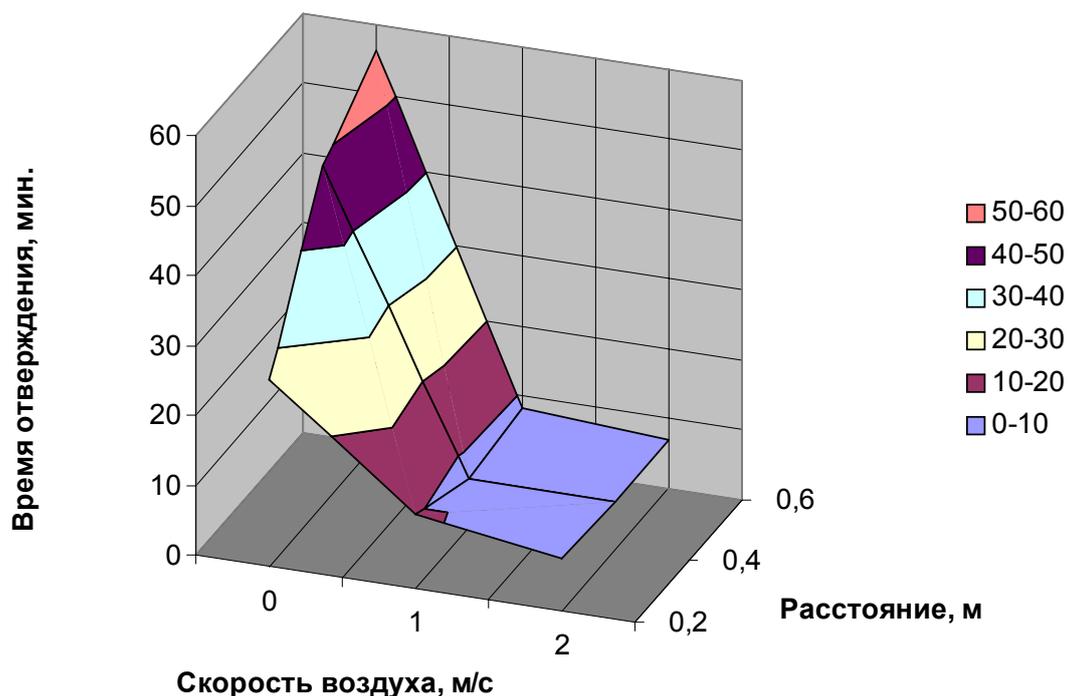


Рисунок 3 – Зависимость времени отверждения ЛКП от расстояния до ЭЭИ и скорости потока воздуха

Из графика видно, что малая скорость практически не оказывает влияния на длительность отверждения покрытия, а большая скорость воздуха приводит к отрицательному эффекту - время отверждения увеличивается. Это объясняется тем, что поток воздуха большой скорости уносит аэроионы от поверхности ЛКП, следовательно про-

исходит снижение их концентрации. Увеличение расстояния от ЭЭИ до поверхности ЛКП также приводит к возрастанию времени его отверждения.

Результаты исследований показали, что на скорость пленкообразования ЛКП влияют как значение концентрации АФК, так и скорость потока воздуха с которым АФК бомбардируют покрытие. Необходимо проведение дальнейших исследований по нахождению рациональных значений концентрации АФК и скорости воздуха, обеспечивающих максимальное сокращение времени отверждения ЛКП.

Можно сделать вывод, что процесс радикальной полимеризации при взаимодействии АФК с мономерами ЛКП проходит значительно быстрее, чем при воздействии на них молекулярного кислорода, так как АФК обладают большей химической активностью. Таким образом, использование ЭЭАУ позволяет существенно сократить время отверждения ЛКП, что делает его применение перспективным.

Библиографический список

1. Верховланцев В.В. Водные краски на основе синтетических полимеров – Л.: ХИМИЯ, 1968. – 200 с.
2. Газеев М.В., Жданова И.В., Лещев Е.В. Нетрадиционный подход к отверждению лакокрасочных покрытий на древесине // Урал промышленный - Урал полярный: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: Сборник материалов VI Междунар. Науч.-техн. конф. / УГЛТУ. - Екатеринбург, 2007. 438 с.
3. Жданова И.В., Путнева Ю.В., Газеев М.В. Аэроионификация в технологии формирования защитно-декоративных покрытий // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России. Мат-лы III всерос. Науч.-техн. конф. / УГЛТУ. - Екатеринбург, 2007. Ч.1. 317 с.
4. Онегин В.И. Формирование лакокрасочных покрытий древесины/Под ред. А.А. Леоновича. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. – 148 с.
5. Полимеризационные пленкообразователи. Под ред. Елисеевой В.И. – М.: ХИМИЯ, 1971. – 214 с.
6. Определение кинетических параметров радикальной полимеризации (Преображенский С.А.) // Учебно-методическое пособие по специальности «Химия». – Воронеж, 2005. – 31 с.
7. Чижевский А.Л. Аэроионы и жизнь. Беседы с Циолковским. – М.: МЫСЛЬ, 1999. – 716 с.

Иванов В.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) victor.82@mail.ru

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ФОРМИРУЕМОГО ДРЕВОСТОЯ ПРИ НЕСПЛОШНЫХ РУБКАХ

THE IMPROVEMENT QUALITY WAYS OF THE FORMED FOREST BY PARTIAL CUTTING

Несплошные рубки главного и промежуточного пользования – одно из наиболее трудоемких и сложных лесохозяйственных мероприятий, сопровождающееся периоди-

ческим удалением из насаждения деревьев, мешающих росту лучших деревьев главных пород, которые должны составить основной полог формируемого высокопродуктивного древостоя.

Основная задача несплошных рубок – формирование высокопродуктивных древостоев, обеспечивающих непрерывное и неистощительное лесопользование древесными породами, чистыми или смешанными по составу, которые соответствуют условиям среды и за одинаковый период образуют максимальный запас высококачественной древесины.

Однако существующая практика проведения несплошных рубок ориентирована на заготовку товарной древесины и не обеспечивает сохранения той части насаждения, которая остается для дальнейшего роста, ради которой и ведется рубка. По данным ЦНИИМЭ [1] установлено, что при заготовке одного клейменого дерева повреждается до трех рядом стоящих «мешающих» деревьев, представляющих собой препятствие для выполнения валки и трелевки вырубаемого дерева. В результате на лесосеках повреждается до 56% заготавливаемой древесины и остающихся на корню деревьев и подроста.

Особо остро эта проблема стоит при выполнении рубок ухода и санитарных рубок в лесах выполняющих защитные функции. При освоении таких лесов возникает задача не допускать никаких экологических изменений. Лесоводственным требованиям в этих условиях может отвечать только направленная валка деревьев.

Общее направление валки устанавливается технологической картой в зависимости главным образом от способа и направления трелевки, которое в свою очередь зависит от расположения лесопогрузочных пунктов. Беспрепятственная валка деревьев имеет большое значение для обеспечения безопасности рабочих и сохранения оставляемых на доращивание деревьев и подроста.

Существующая практика валки дерева механизированными инструментами предусматривает выполнение трех основных элементов: подпил, перерезание ствола и направленный повал дерева под воздействием опрокидывающей силы поворотом вокруг оставшейся перемычки. Размеры и расположение перемычки, место приложения и величина опрокидывающей силы зависят в основном от субъективных оценок рабочим факторов (наклон дерева, ветровая нагрузка, форма кроны, наличие гнили) составляющих отклоняющую и заданного технологией направления валки дерева.

Сложность визуальной оценки факторов, необходимых для беспрепятственного повала дерева в строго заданном направлении, и недостаточная квалификация вальщика приводят к значительному отклонению оси поваленных стволов от заданного направления, что приводит к повреждению оставляемых на доращивание деревьев и подроста (рис. 1) и к снижению качества формируемого древостоя.

С целью изучения факторов влияющих на точность валки, степень повреждения деревьев, оставляемых на доращивание, расчетного и фактического выхода деловой древесины, определения суммарных экономических потерь, возникающих при несплошных рубках, были проведены экспериментальные исследования на территории Уральского учебно-опытного лесхоза УГЛТУ и ФГУ «Талицкий лесхоз» Свердловской области.



Обдир коры



Последствия повреждения ствола



Облом верхинки



Последствия повреждения кроны



Рисунок – Некоторые виды повреждений

Для определения фактического и ожидаемого выхода деловой древесины на территории Талицкого, Троицкого и Луговского лесничеств были заложены 6 пробных площадей пройденных несплошными рубками и выполнен расчет выхода деловой древесины (форма заполнения представлена в табл.1) с учетом поврежденных при валке деревьев. Анализ полученных на пробных площадях данных показал, что ожидаемый выход деловой древесины на предстоящих рубках по сравнению с теоретически рассчитанными снизился от 9 до 16% с 1 га.

Таблица 1 – Выход деловой древесины с пробной площади пройденной несплошными рубками

Степень толщины	Число деревьев на площади перече́та				
	Деловых	Полуделовых		Дровяных	
		Естественно поврежден- ные	Поврежден- ные не- сплошной рубкой	Естественно поврежден- ные	Повреж- денные не- сплошной рубкой

Для оценки суммарного экономического ущерба возникающего при несплошных рубках произведен расчет товарной продукции с использованием коэффициентов максимального выхода сортиментов [2] (форма заполнения представлена в табл.2). Ре-

зультаты суммарных экономических потерь, на пробных площадях, составили (с учетом текущих цен) от 40 до 90 тыс. руб. на 1 га.

Таблица 2 – Расчет товарной продукции и экономических потерь при несплошных рубках

№ участка	Наименование продукции	Объем, м ³		Цена за единицу без НДС, руб.	Товарная продукция, руб.	
		С учетом поврежденных рубкой деревьев	С учетом естественно поврежденных деревьев		С учетом поврежденных рубкой деревьев	С учетом естественно поврежденных деревьев
	Всего круглого леса					
	Суммарные потери прибыли					

Выполненные экспериментальные исследования точности валки позволили выявить основные факторы, влияющие на точность валки и предложить технологию позволяющую минимизировать повреждения компонентов формируемого насаждения (патент на изобретение №2293462). Поставленная задача достигается тем, что изреживание полупасек осуществляется разрубкой коридоров под углом к волоку, причем необходимая степень изреживания достигается за счет изменения расстояния между коридорами разрубаемых со смежных волоков, при этом коридоры, пересекаются, формируя насаждение мозаичной структуры, ячейки которой ограничены разрубленными коридорами. При такой технологии риск повреждения деревьев, оставляемых на доращивание при перемещении деревьев или хлыстов на волок к месту формирования пачки для трелевки, минимален. Оставление отбойного дерева в точке примыкания коридора к пасечному волоку практически исключит повреждение деревьев, оставляемых на доращивание и подрост. Способ осуществляется в зависимости от системы машин, используемой для проведения рубок.

Применение данного способа рубки позволит значительно сократить суммарный экологический и экономический ущерб по сравнению с известными способами, за счет наибольшей эффективности производства и снижения потерь заготавливаемой древесины и повреждений остающихся на корню деревьев и подрост. Благодаря малости вырубаемых участков, при таких рубках создаются благоприятные условия для естественного возобновления хвойных деревьев - обеспечивается как хорошее обсеменение вырубаемого участка, так и защита от резких суточных колебаний температуры за счет прилегающего леса.

1. Виногоров, Г.К. Основные технологические принципы не сплошных рубок [Текст] / Г.К. Виногоров, Ю.Н. Ягудин. М.: Лесн. пром-сть, 1974. – С.15-27. (Труды ЦНИИМЭ, № 141).
2. Обвинцев, В.В. Информационное обеспечение лесопромышленного производства [Текст] / В.В. Обвинцев, В.В. Чамеев, А.В. Солдатов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. 203 с.

Кошелева Н.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОДУЛЬНОЙ МЕБЕЛИ

SYSTEM ENGINEERING OF MODULAR FURNITURE

Выполненная работа посвящена разработке модульной системы корпусной мебели из унифицированных деталей.

Модульная мебель универсальна, так как позволяет формировать домашний интерьер или интерьер общественных помещений в любых композициях в соответствии со вкусами и возможностями ее покупателя. Модульная мебель - это большой конструктор, из которого можно получить уникальную, составленную по желанию потребителя, композицию для гостиной, кабинета, детской или прихожей. Эта композиция может изменяться, трансформироваться, развиваться, увеличиваться и совершенствоваться, так как собирается из нескольких независимых друг от друга функциональных элементов несложной конструкции - "кубиков".

С точки зрения производителя модульная мебель – это возможность значительно расширить ассортимент выпускаемой мебели, сократить затраты на перестройку производства при ее обновлении, делать мебель технологичной, качественной и недорогой.

Идея работы состоит в создании системы или номенклатуры унифицированных типоразмеров корпусов различного назначения (шкафы, тумбы, полки и т.п.), то есть модулей – "кубиков", из которых собираются наборы пристенной мебели для различных помещений. Модули – "кубики" в свою очередь собираются из унифицированных по типоразмерам щитов боковых и горизонтальных стенок корпусов изделий, полок, дверок, ящиков.

Унифицированные корпуса мебели (модули) могут иметь 9 размеров по высоте от 350 до 2150 мм, 6 размеров по ширине от 451 до 1800 мм и 2 размера по глубине: 467 и 576 мм. Общее количество типоразмеров щитов для сборки корпуса составляет: вертикальные непроходные стенки – 10 типоразмеров, горизонтальные проходные стенки – 9 типоразмеров. Горизонтальные перегородки и полки в шкафах могут быть 11 типоразмеров, дверки – 11 типоразмеров, накладные стенки ящиков – 3 типоразмеров.

Размеры щитов выбраны с учетом схемы сборки будущего изделия, толщины щитов, размеров древесностружечных плит и их рационального раскроя, уступов и зазоров между щитами при сборке изделий, эргономических и функциональных требований к ним, технологических и технических возможностей современного оборудования для производства мебели.

В качестве основного варианта мебели был выбран корпус на горизонтальных проходных стенках из ламинированной древесностружечной плиты толщиной 16 мм. Соединения стенок выполнены на эксцентриковых стяжках и шкантах. Такая конструктивная схема корпуса обеспечивает технологичность его изготовления, возможность навешивания любых дверок или установки различных ящиков, простоту сборки, удобство эксплуатации изделия.

Для повышения декоративности и прочности изделий горизонтальные проходные стенки могут быть изготовлены из древесностружечной плиты толщиной 22 мм. При этом увеличивается только высота корпуса изделия на 12 мм, а размеры всех деталей изделия останутся без изменения.

Горизонтальные проходные стенки корпусов позволяют легко формировать различные по высоте и глубине изделия или целые наборы мебели установкой нескольких модулей (изделий) друг на друга или рядом, соединяя их при необходимости межсекционными стяжками. Ширина верхней и нижней горизонтальных стенок на 20 мм больше ширины вертикальных стенок, и получающийся свес закрывает горизонтальные кромки дверок или передних стенок ящиков. Передние кромки проходных горизонтальных стенок корпуса могут иметь иную, более декоративную облицовку, чем кромки других деталей шкафа или тумбы. Зазоры между кромками дверок или стенок ящиков и внутренними пластинами горизонтальных стенок могут быть 2...3 мм.

Задние стенки – накладные из ДВП или вкладные из плит МДФ или древесностружечной плиты, крепятся шурупами или стяжками. Накладные задние стенки из ДВП крепятся к кромкам горизонтальных и вертикальных стенок с уступом 2-2,5 мм по периметру корпуса. В открытых и застекленных проемах модулей задние стенки должны иметь декоративное покрытие.

Опоры тумб, комодов, шкафов – подсадные пластмассовые или металлические ножки, шурупами крепятся к нижней горизонтальной стенке. Высота корпуса модульных изделий дана без учета высоты опор, которая может быть от 30 до 120 мм. Широкие корпуса изделий должны иметь дополнительные средние опоры, чтобы избежать прогиба нижней горизонтальной стенки корпуса. На опорах могут крепиться цокольные планки.

Стационарные полки устанавливаются на полкодержателях, в высоких модулях горизонтальные перегородки – на стяжках. Длина полок принята равной ширине проемов, при необходимости может быть уменьшена на 2-3 мм. Стекланные полки толщиной 6...8 мм должны иметь аналогичные размеры по длине и ширине или откорректированы в зависимости от конструкции полкодержателей.

Распашные или откидные двери шкафов и лицевые стенки ящиков – комбинированной установки, накладываются на передние кромки боковых стенок с уступом 2 мм и находятся между внутренними пластинами горизонтальных стенок корпуса. Зазор между двумя дверками или передними стенками ящиков составляет 2...3 мм. Дверки могут быть глухими, стеклянными, рамочными и т.д. Дверки высотой до 800 мм наве-

шиваются на 2 четырехшарнирные петли. При увеличении высоты дверки на каждые 500 мм добавляется по одной петле.

Корпуса ящиков 6 типоразмеров глубиной 430 и 535 мм и шириной 364, 470 и 810 мм, собираются из стенок высотой 120 мм на шканты или шурупы, накладное дно из ДВП крепится шурупами. Ящики выдвигаются по роликовым направляющим.

Данные по размерам щитов могут использоваться для составления карт раскроя древесностружечных плит.

Таким образом, имея складскую программу из 44 основных типоразмеров щитов, не считая стенки корпусов ящиков, можно собирать практически неограниченное количество различных модульных элементов. В предложенной спецификации представлено 127 модулей различных типоразмеров (тумб, комодов, пеналов, шкафов, стеллажей).

Применяя простейшие приемы комбинаторики (перестановки, размещение, сочетание, повторение, интервалы и т.д.), из модулей можно создавать многовариантные компоновочные схемы изделий и на этой базе разрабатывать разнообразный ассортимент продукции мебельного предприятия от простейших изделий до сложных наборов. Использование ДСтП разных цветов, различных фасадов, карнизов, навесных полок, пилонов, стоек и других предметов декоративного оформления позволит еще шире разнообразить внешний вид мебельных модулей и наборов мебели, регулярно изменять и обновлять модельный ряд выпускаемой продукции.

Использование системы модульной мебели для проектирования и изготовления мебели на предприятии выглядит следующим образом:

1. При заказе мебели в салоне потребитель формирует свои требования к изделию и совместно с дизайнером по представленному прайсу - каталогу выбирает стандартные модули, необходимые для составления желаемого набора мебели определенного назначения (детская, прихожая и т.д.). При отсутствии в каталоге необходимых модулей возможно на основе принципов конструктивной преемственности видоизменение существующих или составление нового нестандартного модуля из унифицированных щитов.

2. После оформления заказа дизайнер составляет спецификацию выбранных модулей, указывает цвет плиты, вид фасадов, фурнитуру, элементы декора и т.д. и передает все данные технологу.

3. Технолог, пользуясь спецификацией модулей, составляет спецификацию щитов на отдельные модули и весь набор мебели с указанием вида, размеров и количества щитов. Для этого может использоваться бланк специального приложения, в соответствующих клетках которого указывается необходимое количество щитов каждого типоразмера на весь заказ. После этого составляет карты раскроя древесностружечных плит и рассчитывает их количество на заказ.

4. Технолог выдает заполненную форму на производство. Эта форма может являться плановым заданием на изготовление конкретного заказа (или нескольких заказов за определенный период, или нескольких заказов от одного салона). По нему могут отслеживаться ритмичность, своевременность и сроки изготовления и сдачи готовых заготовок и деталей между участками раскроя, облицовки кромок, сверления, производится комплектовка деталей на заказ и упаковка.

Поскольку для изготовления мебели используется модульная система и унифицированные по типоразмерам щиты, то появляется возможность создания постоянной складской программы щитов (корпусов) и работы на опережение: часть щитов или все щиты могут сразу поступать со склада на комплектовку или упаковку. Это позволит предприятию значительно сократить сроки выполнения заказов, а значит, повысить свою конкурентную привлекательность. Кроме того, работа через складскую программу позволит обрабатывать щиты партиями однотипных по размерам, цвету, конструкции, виду кромочного пластика и т.п. деталей, что положительно сказывается на производительности оборудования, качестве обработки, экономии материалов, общей организации производственного процесса.

Результаты работы были внедрены на одном из мебельных предприятий г. Екатеринбурга. По предложенной модульной системе был разработан и изготовлен набор пристенной мебели, который был представлен на мебельной выставке в г. Москва и удостоен диплома выставки.

Библиографический список

1. Барташевич А.А., Богущ В.Д. Конструирование мебели. Минск «Вышэйшая школа», 1998.-343 с.
2. Кряков М.В., Гулин В.С., Берелин А.В. Современное производство мебели. М., «Лесная промышленность», 1986.-261 с.

Левинский Ю.Б., Агафонова Р.И. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
levinskyi@bk.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ С УЧЕТОМ ГЕОМЕТРИИ СТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

FORECASTING OF WOOD DURABILITY IN VIEW OF A WOOD STRUCTURE GEOMETRY

Многие исследователи заметили, что прочность древесины меняется в зависимости от величины угла между направлением её волокон и вектором внешней нагрузки [1,2,3,4].

Это явление объясняется анизотропией древесного материала. Известно, что клетки, отвечающие за механическую прочность (трахеиды) также анизотропны.

Авторами [1] была предложена схема стержневой системы, для теоретического определения и оценки напряженного состояния и прочности древесного материала. Заявленная схема является плоской, но при рассмотрении силовых взаимодействий, возникающих в деталях и конструкциях из древесины, представляется более обоснованным и корректным её объёмный (пространственный) аналог (рис. 1).

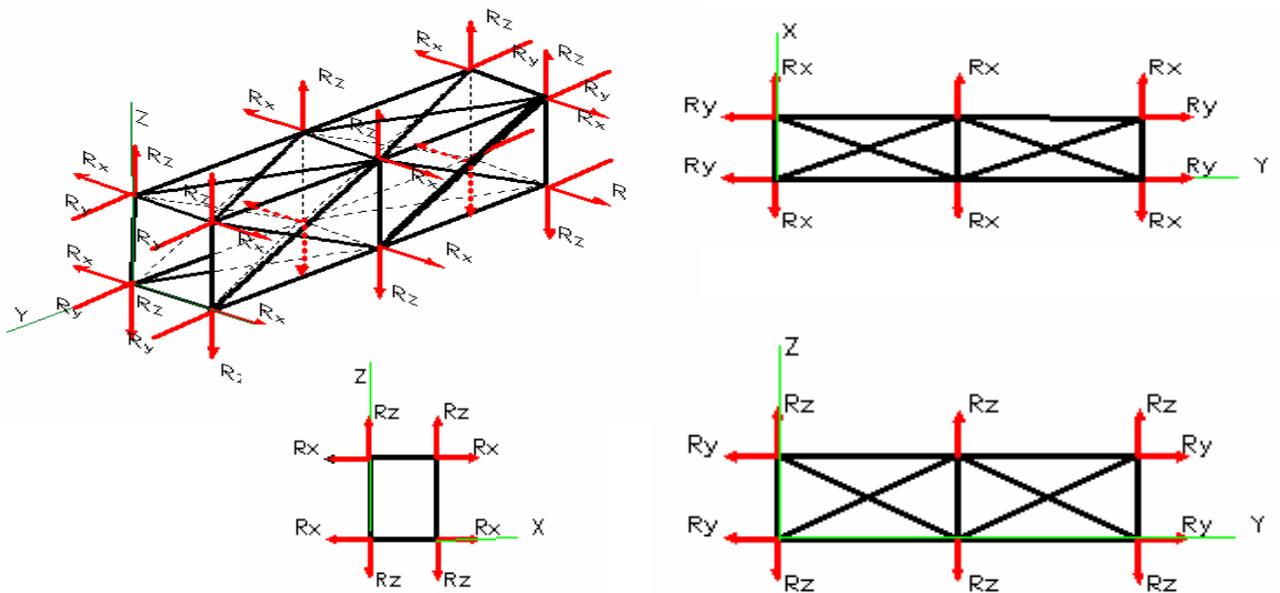


Рисунок 1 – Схема расчетной стержневой системы для анизотропного тела

Используя предложенную методику расчета [1], и известные геометрические соотношения, произведем расчет напряжения, возникающего в древесине, при разных углах наклона вектора силового воздействия к направлению волокон.

Предельное сопротивление суммарного слоя (Z) с поперечной ориентацией микрофибрилл определяется по формуле:

$$Z = N_{90} / (1 + 2 \cos^3(90 - \gamma) F_{сп} / F_h), \quad (1)$$

где Z – предельное сопротивление суммарного слоя с поперечной ориентацией микрофибрилл;

N_{90} – предельное сопротивление разрыву поперек волокон;

λ – угол между приложенной нагрузкой и направлением волокон;

γ – средний угол спиральных слоев для сосны $\gamma_{ран} = 30^0$, $\gamma_{позд} = 17,3^0$;

$F_{сп}$, F_h – площади поперечного сечения соответственно, и спиральных поперечных слоев.

Предельное сопротивление разрыву под углом $\lambda \geq \gamma$, под углом $\lambda < \gamma$ и предельное состояние при чистом сдвиге вдоль волокон определяются соответственно по формулам:

$$\sigma_{p\lambda}^{пред} = [1 + 0.25 \frac{\cos(\lambda - \gamma)}{\sin \lambda} / (\sin \lambda + \text{tg } \gamma \cos \lambda) 1.125] \sigma_{p90}^{пред}; \quad (2)$$

$$\sigma_{p\lambda}^{пред} = [\sin \lambda + 0.25 \cos(\gamma - \lambda)] / [0.25 \cos(\gamma - \lambda) (\sin \lambda + \text{tg } \gamma \cos \lambda) 1.125] \sigma_{p90}^{пред}; \quad (3)$$

$$\sigma_{сдв}^{пред} = 2 F_{сп} \sigma_{p90}^{пред} / \cos \gamma * 1.125. \quad (4)$$

Таблица 1 – Расчетное предельное сопротивление древесины при растяжении под углом к волокнам

Порода древесины	Значения показателя, МПа, при угле наклона волокон древесины, град.						
	0	15	30	45	60	75	90
Сосна	9,02	9,9	11,73	9,45	8,50	8,83	8,78

Полученные расчетным методом величины предельных напряжений подтверждены экспериментально при испытании на прочность заготовок древесины сосны. Подбор и комплектование образцов по направленности распиловки позволил выявить зависимость прочностных показателей от угла встречи вектора силового воздействия и направлению волокон.

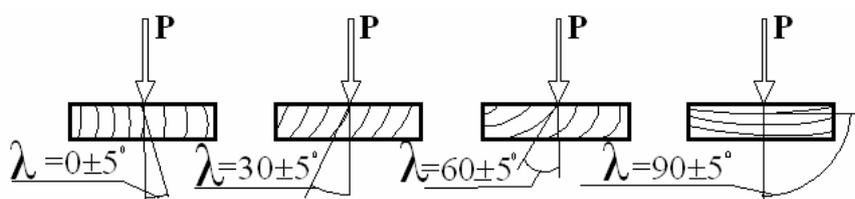


Рисунок 2 – Схема испытания образцов с учетом ориентации волокон древесины

Для определения модуля упругости и напряжения при сжатии и растяжении под углом в 30, 45 и 60° были сформированы группы образцов для каждого угла с допустимым изменением его величины в пределах ± 5°.

Испытания показывают, что прочность древесины резко уменьшается с увеличением угла наклона волокон относительно вектора действующих внешних сил (табл.2, рис.3-5).

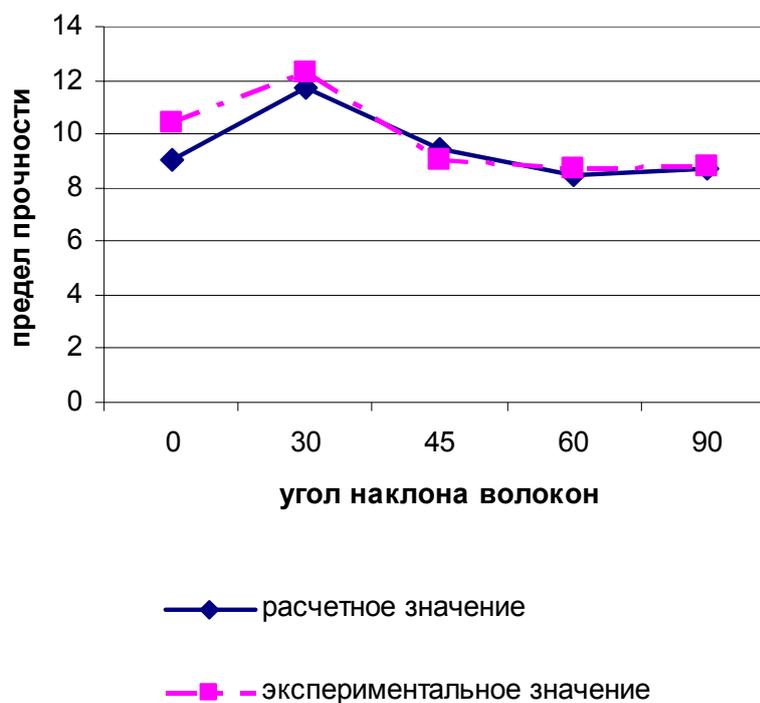


Рисунок 3 – Зависимость предела прочности древесины при растяжении от направления волокон

Таблица 2 – Физико-механические показатели древесины сосны и осины при растяжении и сжатии образцов с различной направленностью волокон

Угол встречи	Значения показателя для образцов из древесины							
	Сосна				Осина			
	Влажность, %	Предел прочности, МПа	Модуль упругости*		Влажность, %	Предел прочности, МПа	Модуль упругости*	
			ГПа	%			ГПа	%
При растяжении								
0	11,2	10,4	14,9	100	10,5	8,7	13,3	100
30	11,2	12,3	4,6	30,8	10,8	7,5	2,17	16,3
45	11,2	9,05	1,3	8,7	10	9,3	0,8	6
60	11,1	8,7	0,8	5,4	10,7	8,3	0,6	4,5
90	11,2	8,8	0,4	2,7	10,2	7,2	0,4	3
При сжатии								
0	11,6	11,5	16,3	100	11,6	9,4	11,5	100
30	11,6	9,8	2,9	17,8	11,5	7,8	2,1	18,3
45	11,9	9,7	1,2	7,4	11,8	7,6	1,1	9,5
60	11,3	9,1	0,7	4,3	11,9	6,4	0,7	6
90	11,6	8,9	0,6	3,7	11,6	6,2	0,6	5,2

*величина модуля упругости относительно базовой характеристики, принимаемой для испытаний образцов вдоль волокон древесины, выраженная в процентах.

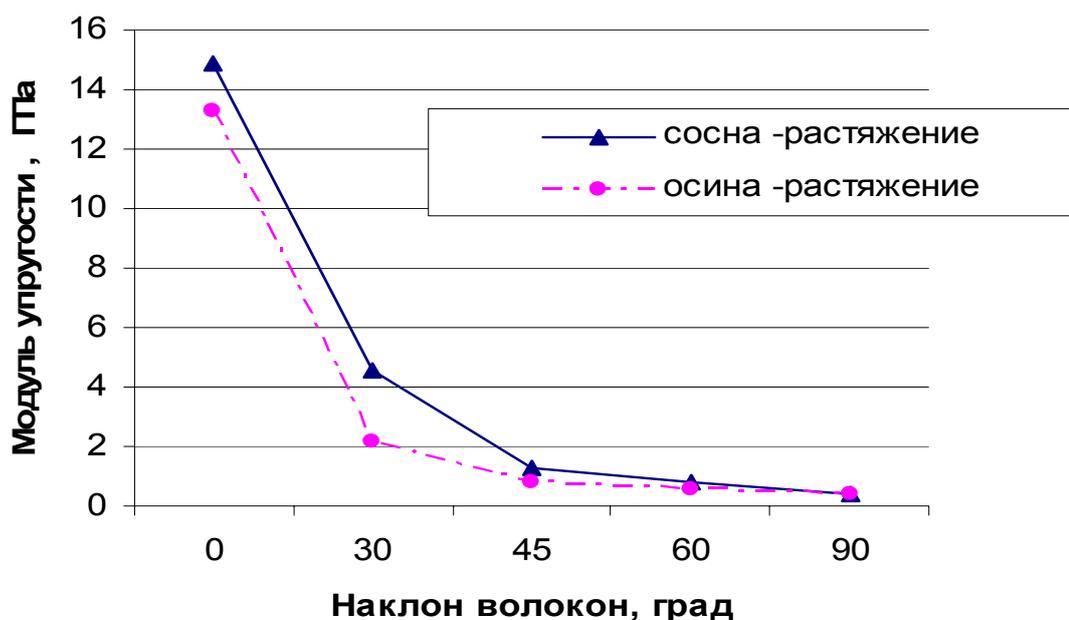


Рисунок 4 – Зависимость модуля упругости при растяжении от направления волокон

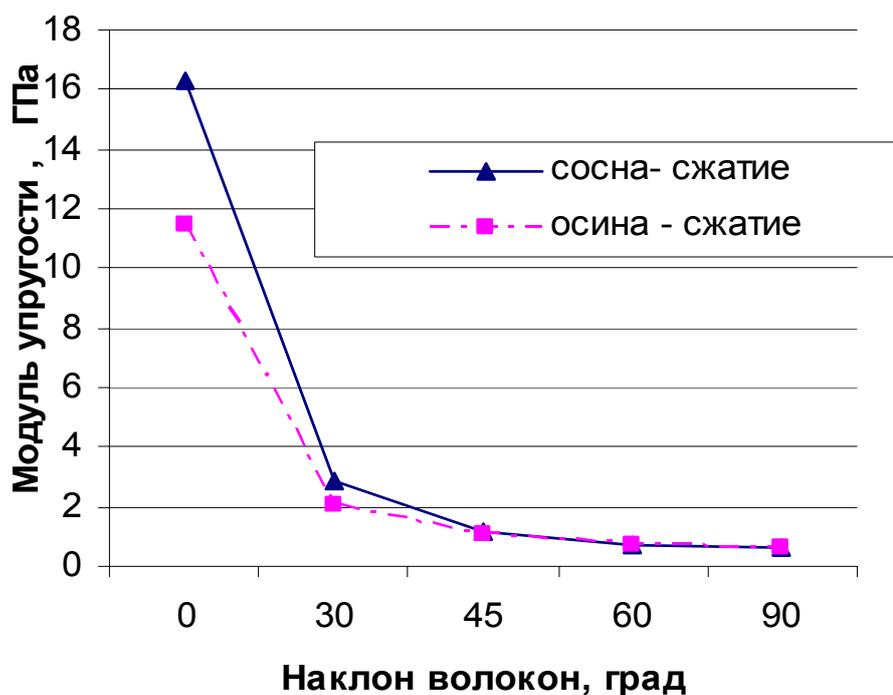


Рисунок 5 – Зависимость модуля упругости при сжатии от направления волокон

В результате проведенных экспериментально – теоретических исследований выявлено следующее:

1. Прочностные характеристики и, следовательно, конструкционные возможности древесины существенно зависят от её микростроения.

2. Механические показатели древесины, которые служат основой для расчета несущих конструкций, необходимо связывать с анатомическими особенностями древесины, учитывая при этом структуру материала по внешним, визуально определяемым признакам.

3. Методы теоретического расчета напряжений в анизотропном материале, каковым является древесина, позволяют получить вполне достоверные значения напряжений, в том числе, и для комбинированных или сборно-клееных несущих конструкций.

4. Предельное напряжение разрыву достигает максимального значения при угле 30, что свидетельствует о равномерности напряженного состояния и сбалансированности деформаций во всех слоях и направлениях. При проведении эксперимента в образцах с углом 30 град во время разрушения не замечено характерного потрескивания (показатель начала разрушения), а разрушение происходило резко и сопровождалось хлопком. Это ещё раз подтверждает теоретическое описание разрушения.

5. Модуль упругости древесины резко снижается, причем наиболее значительно его уменьшение происходит в диапазоне $\lambda = 0...30^0$.

6. При проектировании конструкций необходимо учитывать полученные в исследовании данные, поскольку они позволяют наиболее рационально назначить состав пакета для склеивания в зависимости от структуры древесины и вида изделий.

7. Характер изменения модуля упругости остается практически одинаковым на всех этапах испытаний и не зависит от породы древесины (осина, сосна).

1. Ю.В. Слицкоухов, В.Д. Буданов, М.М. Гаппоев и др. «Конструкции из дерева и пластмасс», под ред. Г.Г. Карлсена – М.: Стройиздат, 1986г.-543с.
2. Е.И. Савков «Прочность пиломатериалов»-Гослесбумиздат, 1962 г.-85 с.
3. А.М. Калугин «Деревянные конструкции», М. издат. АСВ, 2003г.-224с.
4. В.М. Хрулев «Долговечность клееной древесины», лесная промышленность, 1971 г. - 160с.

Комиссаров А.П. (УрГСХА, г. Екатеринбург, РФ),
Левинский Ю.Б. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ ЖЕСТКОСТИ

THE PERFECTION OPPORTUNITIES OF THERMAL WOOD PROCESSING ON THE BASIS OF RIGIDITY CRITERION

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. Одной из наиболее актуальных задач является совершенствование системы управления параметрами тепловой обработки древесины. Сушка пиломатериалов, прогрев фанерного сырья перед лущением, автоклавная пластификация ванчесов – 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 оперативного контроля за состоянием древесины.

Пока можно утверждать, что точность расчетов по теплообменным процессам не слишком высока и составляет порой $\pm 15\%$. 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 её теплофизическими свойствами, которые опосредованно выражены коэффициентами теплоемкости (C), теплопроводности (λ) и температуропроводности (α).

Значения коэффициентов λ и α 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 уда-

ется 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/м³;
 γ – плотность древесины, кН/м³.

Выбор такого подхода подтверждается следующим.

По исследованиям Волынского В.Н. [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 нашем случае теплообменный критерий Фурье F_0 выражается формулой

$$F_0 = \frac{a \tau}{R^2}. \quad (2)$$

Он определяет связь между скоростью изменения температурного поля в твердом теле, физическими его характеристиками и размерами.

Другим равноценным критерием, полученным в данной работе, является показатель жесткости древесины, который связан с ее физическими характеристиками.

$$K_{ж} = \frac{\sigma}{\gamma}, \quad (3)$$

где σ – объемная твердость древесины, кН/м³, которая определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{3 p}{\pi R^3}, \quad (4)$$

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:

$$K_{ж} = \frac{3 p}{\gamma \pi R^3}. \quad (5)$$

Отсюда следует, что критерии F_0 и $K_{ж}$ 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 - α

$$\frac{a \tau}{R^2} = \frac{3 p}{\gamma \pi R^3}; \quad \alpha = \frac{3 p}{\tau \gamma \pi R}, \text{ м}^2/\text{ч} \quad (6)$$

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 строганного шпона, показали, что пластические свойства древесины в результате ее прогрева от 0 °С до 100 °С существенно изменяются. При этом модуль упругости сокращается на величину 0,93 МПа * 10⁴, а именно, с 1,34 МПа * 10⁴ до 0,41 МПа * 10⁴. Исходя из предположения, что эластичность будет изменяться по такой же закономерности, что и модуль упругости, примем соотношение:

$$T = \frac{\sigma \cdot K}{\gamma}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7)$$

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, был 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:

$$\rho_w = 0,957 \cdot \rho_{12} \cdot \frac{100 + W}{100 + 0,6W} \cdot 9,81, \text{ Н/м}^3. \quad (8)$$

Благодаря введению нового понятия безразмерной величины жесткости и на основании проведенных исследований на древесине лиственницы, березы, ясеня составлены режимы гидротермической обработки брусьев, ванчесов 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.2 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.

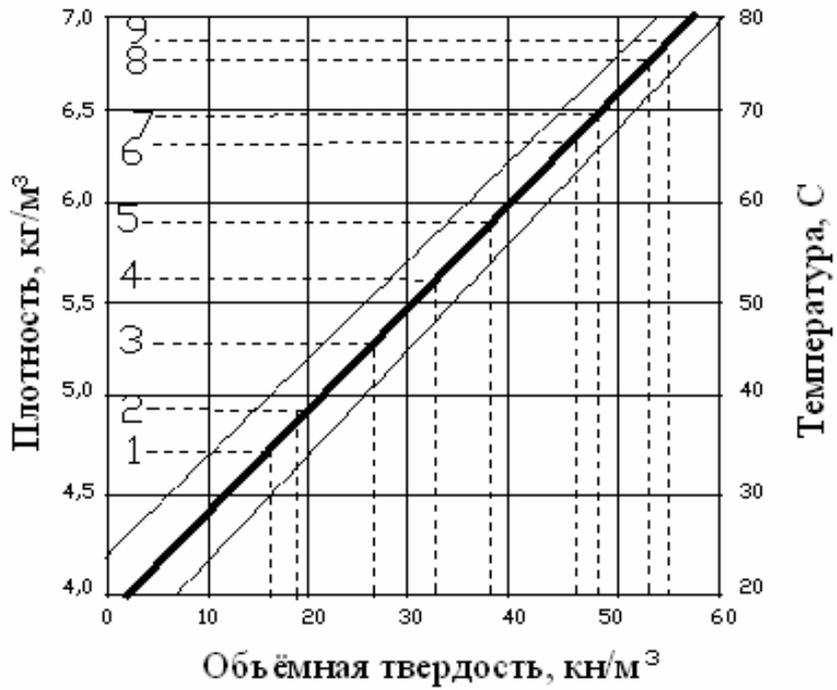


Рисунок 1 – Номограмма для определения оптимальной температуры нагрева на оси сортамента в зависимости от породы древесины: 1 - ель, кедр; 2 - липа; 3 - сосна, осина; 4 - ольха; 5 - береза; 6 - вяз; 7 - бук; 8 - дуб; 9 – ясень

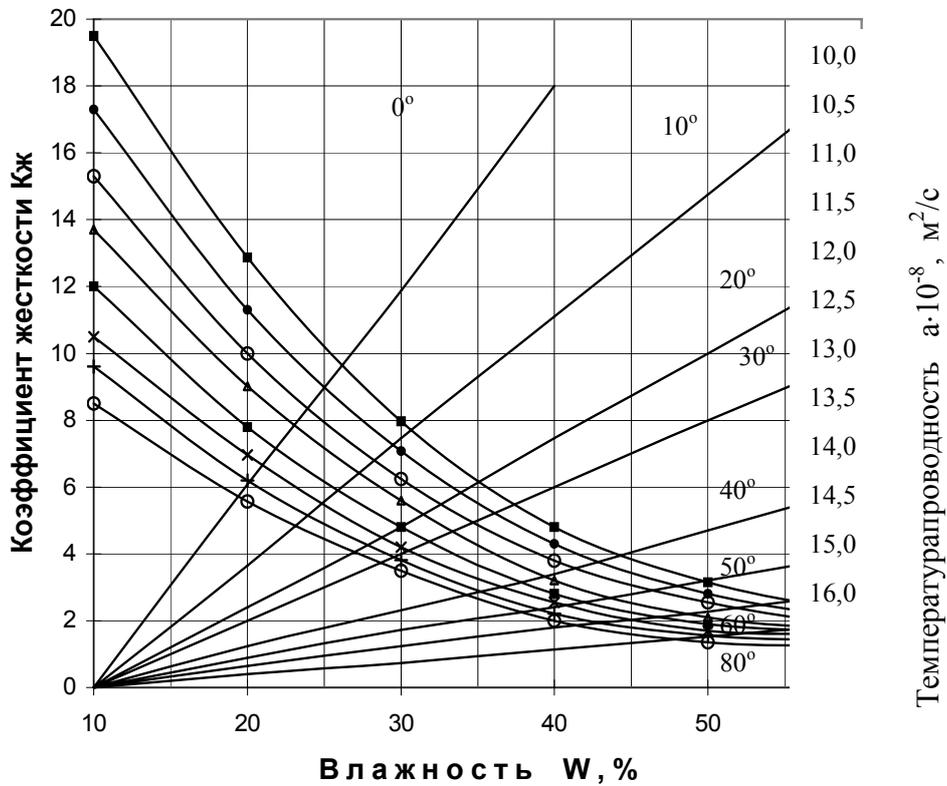


Рисунок 2 – Номограмма для определения соотношения между характеристиками состояния древесины в условиях прогрева

1. Чудинов Б.С. Теория тепловой обработки древесины. Наука. - М. -1968.-255с.
2. Волынский В.Н. Взаимосвязь показателей чистой древесины. Архангельский АГТУ.-2005.

Левинский Ю.Б., Савина В.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

Савельев В.В. (Тюменская гос. с/х академия, г. Тюмень, РФ)

ГНУТЬЕ ДРЕВЕСИНЫ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ПЛАСТИФИЦИРОВАННОЙ В ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПОЛЯХ

THE BENDING OF WOOD, PRELIMINARY PLASTICIZE IN HIGH-FREQUENCY FIELDS

Пластификация древесины путем обработки и насыщения ее различными химически активными продуктами широко применяется в производстве многих видов изделий, так как является наиболее эффективным и хорошо опробованным методом регулирования свойств материала со столь сложной физико-механической и биологической структурой. Как известно, повысить пластичность древесины можно ее нагреванием в определенном термовлажностном состоянии самой среды и заготовок, подвергаемых модификации. Все это делается для того, чтобы получить в итоге такой древесный материал, который мог бы сохранить целостность своей структуры при значительных деформациях, ударных нагрузках, резании и т.п. Особенно важной оказывается эта проблема при изготовлении гнутоклееных деталей, заготовок и конструкций различного назначения. Как правило, применяют гнутье блока заготовок непосредственно в процессе склеивания тонких пластин (лущеный шпон, пластины – ламели из ценной древесины). При этом плиты формовочного пресса следует нагревать до высокой температуры, чтобы получить большой эффект пластификации древесины, но в то же время необходимо исключить термодеструкцию клея. В случаях, когда изготавливают конструкции большого сечения из ламелей значительной толщины (25мм и более), то необходимо обеспечивать выполнение следующих условий:

- повысить пластичность используемых материалов (клея и древесины);
- не использовать слишком малые по величине радиусы изгиба, или профилирования конструкций и деталей, их составляющих;
- до сборки и склеивания производить предварительное гнутье заготовок и фиксировать полученную форму по максимуму.

Лучшим материалом для гнутья являются заготовки, в которых годовичные слои расположены перпендикулярно к плоскости изгиба (радиальная распиловка). Для большой эластичности, а, следовательно, податливости древесины в процессе гнутья, заготовки подвергают гидротермической обработке – провариванию или пропариванию в воде. Например, для древесины сосны были рекомендованы следующие условия обработки [1]: пропаривание при температуре воды 90 – 100 °С 10, 20, 45 и 60 минут со-

ответственно для толщины 6, 10, 15 и 20мм, и начальной влажности древесины более 30%. Если принять температуру водной среды 60°, то продолжительность обработки возрастает в 1,5 – 2 раза, а при $t_b = 15^\circ$ - в 15 – 20 раз. После сушки и фиксации заданной при гнутье формы получается достаточно качественная заготовка, не имеющая резко выраженных дефектов и следов разрешения древесины. Упругость ее будет зависеть от толщины материала, содержания влаги, температуры и продолжительности гнутья. На схеме (рис. 1) показано, что при усушке или разбухании будет изменяться и радиус кривизны R , причем, если это происходит в составе неоднослойной клееной конструкции, например, арки или фермы, то следует ожидать появления в ней значительных внутренних напряжений, способствующих снижению прочности клеевых соединений. Такое состояние можно прогнозировать по условиям эксплуатации изделий и заранее проводить гнутье до оптимальных параметров профилирования, например на 10 – 20% уменьшая радиус кривизны. Так, при радиальной усушке в 1% угол между концами изменится на 1%, а при разбухании – будет обратная картина.

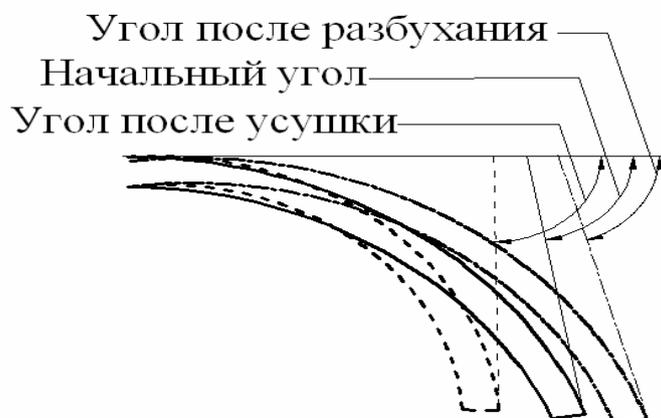


Рисунок 1 – Схема изменения кривизны цельной гнутой заготовки при усушке и разбухании древесины

Пластификации древесины с целью ее последующего гнутья можно достичь относительно простыми способами такими, как пропитка растворами карбамида, щелочей и т.п. При этом достигается достаточно высокая деформативность древесины, что является крайне необходимым при получении изогнутых форм различных деталей. Тем не менее, в условиях нашей задачи этот путь не всегда эффективен и технологичен.

Если конечным продуктом являются криволинейные балки или конструкционные заготовки для столярно-строительных изделий, то необходимо обеспечить следующее:

- оптимальный уровень влажности древесины под склеивание определенными клеевыми составами;
- высокую чистоту (в т.ч. и химическую) поверхности склеиваемых заготовок и предрасположенность ее к качественной адгезии при контакте с клеем и в процессе его отверждения;
- максимальное сохранение природного потенциала физико-механических свойств древесины, в частности, прочности при различных видах нагружений;
- удобство в работе с материалами на всех этапах изготовления несущих гнутоклееных конструкций любого масштаба.

В любом случае целенаправленное деформирование древесного материала требует учитывать структуру древесины и характеристики силовых воздействий. Во-первых, значительно различаются сопротивления сжатию и растяжению вдоль волокон (примерно вдвое). Во-вторых, надежность растягиваемых элементов древесины может оказаться невысокой, т.к. при этом виде нагружений проявляется смятие и скалывание вдоль волокон, что характеризуется весьма малыми сопротивлениями. Причем, скалывание встречается как в чистом виде, так и в сопровождении растяжения или сжатия при изгибе. Физико-механические показатели древесины очень изменчивы и по некоторым данным вариации составляют от 8 до 35% [1]. Это обусловлено совокупностью влияния многих факторов, и, прежде всего, строением и состоянием самого материала. Например, величина сопротивления древесины разрушению в зависимости от ее влажности рассчитываются по формуле:

$$R_{15} = R_w [1 + \alpha(W - 15)]$$

- где R_{15} – сопротивление при влажности 15%, МПа;
 R_w – сопротивление при фактическом значении влажности W , МПа;
 α – коэффициент, зависящий от вида сопротивления и породы древесины (табл. 1).

Таблица 1 – Значения коэффициента α

Характеристика механического воздействия	α
Растяжение вдоль волокон	0,01-0,02
Сжатие	0,04-0,05
Статический изгиб	0,03-0,04
Скалывание вдоль волокон	0,03
Ударная твердость	0,015-0,02

Следует учитывать, что сопротивление древесины, насыщенной влагой, составляет 55-70% от сопротивления при влажности 15%. В дополнение к этому для древесины характерен эффект «ползучести», который проявляется даже при температуре жилого помещения, но особенно - в условиях нагрева и переменной влажности. На этом явлении и комплексном прогнозировании поведения древесины должен выстраиваться метод эффективного гнутья заготовок, то есть их профилирования со значительной кривизной и без разрушения самой структуры древесины. В естественных условиях эксплуатации деревянных конструкций руководствуются понятием предела долговременного сопротивления, кривой длительного сопротивления (рис. 2) или диаграммой изменения прогиба во времени.

Температурное воздействие на древесину при прессовании и создание определенных условий пластификации за счет природных компонентов самой древесины переводят ее в материал с весьма высокими механическими показателями, фактически - в древесный пластик. Такие продукты являются наиболее яркими примерами термической пластификации и гидролизных преобразований древесины. Однако, данный метод не может быть применен для дополнительного гнутья заготовок и закрепления получаемой формы по ряду технико-технологических причин.

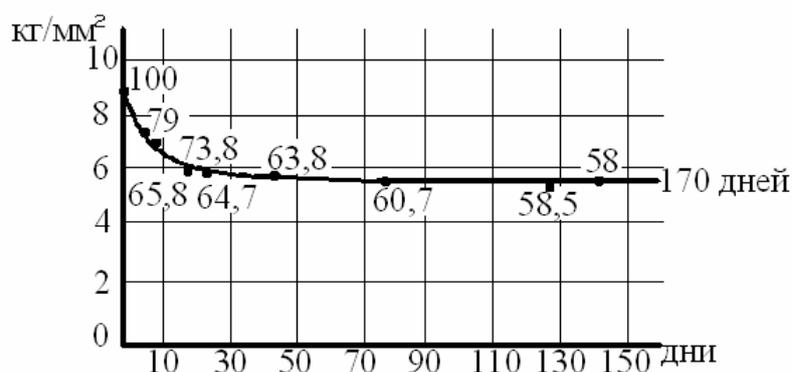


Рисунок 2 – Кривая длительного сопротивления

Стабилизация формы деревянных заготовок для гнукотклееных конструкций – это, прежде всего, стабилизация заданной структуры древесины. Например, облагораживание древесины, предложенное немецкими специалистами и представленной на рынке под товарным знаком «Plato» предлагает три стадии процесса [2]:

- специальную гидротермическую обработку, так называемую «влажно-тепловая деструкцию»;
- сушку заготовок;
- восстановление твердой формы.

Эти операции сопровождаются сложным комплексом преобразований в материале – от вымывания определенной доли гемицеллюлозы и лигнина и появления значительного количества реакционноактивных молекул до сушки и необратимой полимеризации. В результате такой обработки достигается следующее:

- пиломатериалы, заготовки и конструкции из них даже в очень изменчивой среде сохраняют собственную влажность ~ 18% и заданную форму;
- прочность «облагороженной» древесины значительно возрастает, а долговечность в условиях строительной эксплуатации составляет не менее 15-25 лет.

Изделия из такой древесины («Plato-Holz») – это окна, двери, лестницы, элементы конструкций и т.п. Для нас данная тема интересна тем, что при специальной гидролизно-термолизной обработке можно вдвое уменьшить усушку и набухание древесины, достичь стабильности влажности эксплуатируемых конструкций. При влажности воздуха в 60% равновесная влажность обработанных заготовок составит 8%, а в предельно насыщенной среде - не превысит 18%.

На основании проведенного анализа научных и технических разработок определены главные направления исследований по технологии клееных профильных конструкций с предварительным гнутьем заготовок, а именно:

- изучение способов пластификации и спецобработки древесины, обеспечивающих качественное гнутье древесины;
- исследование факторов, влияющих на формоустойчивость, прочность и напряженное состояние изогнутых криволинейных несущих конструкций;
- склеивание предварительно изогнутых деталей в конструкции столярно-строительного назначения.

Традиционный способ гнутья древесины – пропаривание заготовок и сушка в изогнутом состоянии до влажности 8-12 %. Проведенные опыты на образцах сосны

подтвердили, что пластификация древесины при нагревании ее в воде с температурой 80-90° вполне удовлетворительна, если изгиб заготовок умеренный, а структура древесины однородная (без пороков, дефектов, косослоя и т.п.) однако, сушка заготовок сопровождается целым рядом проблем, а именно:

- процесс удаления влаги достаточно длительный;
- при сушке возникает много дефектов, тем более, что заготовки находятся в изогнутом напряженном состоянии;
- операции по подготовке древесины к гнутью (прогрев древесины острым водяным паром или специальными химическими веществами) трудоемкие и долговременные.

Проведенные в Тюменской государственной сельскохозяйственной академии (ТГСА) экспериментальные исследования способа сухой пластификации древесины токами высокой частоты показали, что физико-механическое состояние можно изменить хотя бы в той мере, которая обеспечивает достаточно качественное гнутье заготовок. Удельно-колебательная мощность нагрева 1800-2200 мГц, а мощность из расчета на объем древесины – 70-80 Вт/см³. При использовании промышленной установки ТВЧ Винзилинского ДСК температура 85-88°С достигалась через 12мин (энергоколебательная мощность – 1600мГц), а микроволновой печи (энергоемкость 800-2400мГц) – за 2-3 мин. Результаты испытаний для сосновых заготовок радиальной и полурадальной распиловки приведены в таблице. Влажность древесины до начала прогрева 26...40%, после – 12...20%.

Таблица 2 – Обработка древесины в высокочастотных установках (сосна)

Тип установки и частотная характеристика	Время выдержки в поле ТВЧ, мин	Температура нагрева заготовок (ламелей) мах/мин, °С	Величина радиуса изгиба заготовки, мм	Результат прессования	Примечание
Установка ТВЧ «Вечдтап» (1600мГц)	8	36/26	1200	Разрушение по поясу растяжения	Размеры образцов, мм 20x37x950
	12	56/50	1000	норма	
			850	норма	
Установка СВЧ MG 1770 MN (2450мГц)	1	30/45	700	Разрушение	Мощность 800-1300МГц 2450
		75/77	700	Частичное разрушение	
	2	70/80	700	норма	1900-2450
	3	85/90	700	норма	2450

Группирование образцов по влажности для каждой серии исследований производилось по определенной схеме с учетом условий эксперимента и применяемых установок. Оценкой качества подготовки древесины к процессу гнутья служил результат деформирования деталей в специальном профилирующем прессе и соответственно появление или отсутствие в них разрушений.

По результатам теоретических изысканий и экспериментальных исследований сделаны следующие выводы:

- Прогрев древесины до состояния пластичности, необходимой для механического гнутья, в установках ТВЧ и СВЧ возможен и более производителен, чем при гидротермической обработке.
- Для получения гнутых профилей из заготовок, прошедших сухую тепловую обработку в высокочастотных полях, необходимо проводить прессование в установках с теплоизолированными элементами (матрица и пуансон) и сразу же после пластификации, не допуская охлаждения древесины.
- Оптимальной является влажность древесины 25-30%, но при условии уменьшения ее до уровня 10-14% к концу процесса пластификации, т.к. в дальнейшем предлагается склеивание заготовок.
- Годичные слои, определяющие направленность волокон древесины, должны при прессовании (изгибе) заготовок располагаться параллельно плоскости изгиба.

Предварительно изогнутые детали (ламели) с зафиксированной дугой прогиба обеспечивают получение профильных клееных конструкций высокой устойчивости и прочности.

Библиографический список

1. Дерево - строительный материал. Основные показатели физической, химической и биологической прочности, огнестойкости и механической крепости дерева. Н. Матер. II всесоюз. конфер. по дерев. конструкциям. - Ст. №1. под ред. Г.Г. Карлсена. М – Л, 1936, 196 с.
2. Окна из стабилизированной древесины прослужат дольше / Бауэлементе – Бау. Интернациональ, вып.10, 2001, 23-25с.

Гороховский А. Г., Мялицин А. В. (ОАО «УралНИИПДрев»,
г. Екатеринбург, РФ) niidrev@sky.ru, mialitsin@r66.ru

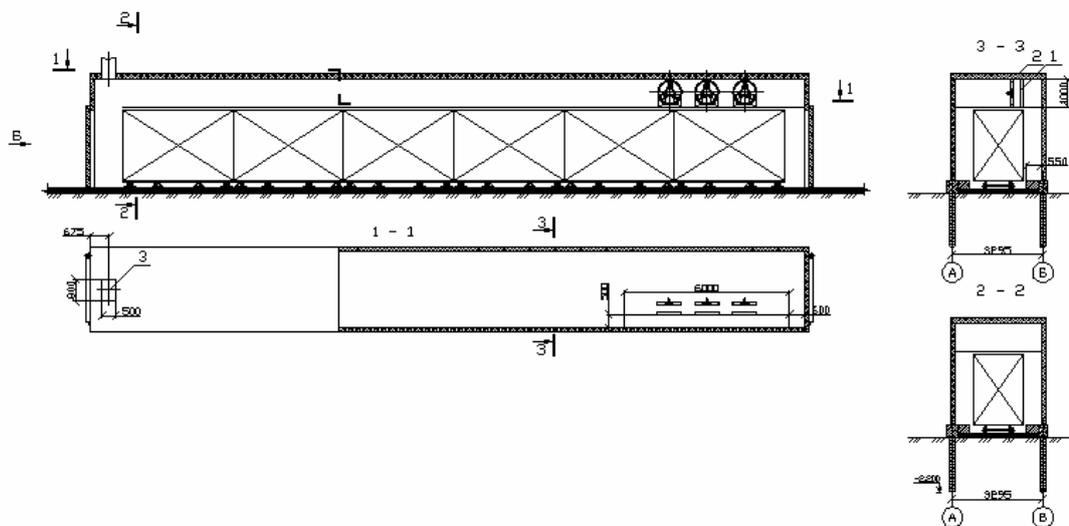
СУШКА ЭКСПОРТНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ПРОХОДНЫХ КАМЕРАХ ТУННЕЛЬНОГО ТИПА

EXPORT SAW-TIMBER DRYING IN PROGRESSIVE TUNNEL TYPE KILNS

Для сушки пиломатериалов до транспортной влажности на лесопильных предприятиях традиционно применяют камеры непрерывного действия [1, 2]. Камеры непрерывного действия являются более производительными по сравнению с камерами периодического действия, кроме того, они значительно удобнее технологически. В ОАО «Кормовищенский ЛПХ» эксплуатируются два сушильных туннеля с зигзагообразной схемой циркуляции, разработанные и смонтированные ОАО «УралНИИПДрев». В качестве теплоносителя используется горячая вода. Перед тем как поступить в каме-

ру воздух нагревается в жаротрубном теплообменнике до температуры 250 °С. После нагрева он поступает в камеру смешения сушильного туннеля, где происходит его смешение с сушильным агентом. Сушильный агент, последовательно проходя один за другим все штабеля в направлении, противоположном направлению перемещения штабелей, постепенно увлажняется и охлаждается. После прохождения всех штабелей часть сушильного агента из камеры смешения возвращается на подогрев в жаротрубный теплообменник, а часть выбрасывается в атмосферу.

Параметры сушильного агента в разгрузочном конце камеры поддерживаются путем регулирования подачи теплоносителя в теплообменник. Заданная степень насыщенности в загрузочном конце поддерживается путем регулирования количества воздуха, который необходимо выбрасывать в атмосферу. Схема сушильного туннеля приведена на рисунке 1.



1 – блок калориферов; 2 – блок из 3 вентиляторов ВО12-303-6,3; 3 - клапан выброса отработанного сушильного агента

Рисунок 1 – Общий вид сушильного туннеля

Текущую влажность пиломатериалов и срок окончания сушки определяют по времени, однако в пакеты все же закладывают контрольные образцы для определения влажности весовым методом.

В каждом сушильном туннеле установлено по три осевых вентилятора, расположенных над ложным потолком. В камере для сушки досок применяют осевые вентиляторы типа ВО12-303-6,3 мощностью 1,1 кВт с общей производительностью 30 тыс.м³ воздуха в час.

В камерах для сушки досок воздух подогревается в калориферах до 55 °С. Количество воды, поступающей в калориферы, регулируется трехходовым клапаном, находящимся на трубопроводе.

При проведении процесса сушки еловых пиломатериалов используется оптимальный автоматический процесс регулирования, разработанный ОАО «УралНИИПД-рев».

На основании результатов замеров влажности древесины в штабелях была произведена статистическая обработка данных. Результаты замеров и статистические дан-

ные: средняя влажность и среднеквадратическое отклонение от среднего значения приведены в таблице 1.

Из данных таблиц следует, что при соблюдении технологии сушки такой показатель качества сушки, как отклонение влажности отдельных досок от средней влажности штабеля, соответствует 0-ой категории качества. Среднеквадратическое отклонение равно $\pm 1,89\%$, а для 0 категории качества при сушке до транспортной влажности допускаемое значение среднеквадратического отклонения у толстого пиломатериала (толщина 38-50 мм) равно $\pm 2,0\%$ [3].

Таблица 1 – Данные измерения влажности пиломатериалов в верхнем пакете после сушки

№ п/п	3 ряд сверху	средний ряд	3 ряд снизу	3 ряд сверху	средний ряд	3 ряд снизу
1	14,83	14,23	13,53	12,73	13,87	13,03
2	15,30	15,70	15,40	14,37	13,27	10,10
3	15,47	14,80	18,13	14,30	13,07	14,97
4	16,00	14,67	14,83	16,30	15,20	17,07
5	15,67	15,63	15,80	15,90	13,63	17,47
6	17,73	17,60	14,37	15,00	16,97	18,47
7	18,97	17,03	17,03	13,63	14,03	16,07
8	16,13	14,67	16,67	17,87	14,97	14,77
9	17,33	16,40	17,40	16,03	17,07	12,53
10	16,63	18,23	17,50	16,73	18,53	14,13
11	17,90	21,07	19,40	16,00	16,80	14,37
Среднее значение влажности в слое, %	16,54	16,37	16,37	15,35	15,22	14,82
Среднеквадратическое отклонение от средней влажности в слое, %	1,29	2,03	1,76	1,49	1,85	2,41
Средняя влажность пакета, %	16,43			15,13		
Среднеквадратическое отклонение влажности пакета от средней величины, %	1,67			1,89		
Средняя влажность штабеля, %	15,78					
Среднеквадратическое отклонение влажности штабеля от средней величины, %	1,89					

1. Серговский П. С., Гидротермическая обработка и консервирование древесины. М., «Лесная промышленность», 1968.
2. Кречетов И. В., Сушка древесины. М., «Лесная промышленность», 1972. – 440 с.
3. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов / ОАО «Научдревпром - ЦНИИМОД». – Архангельск, 2000.- 125 с.

Плотников С.М. (СибГТУ, г. Красноярск, РФ) smplochnikov@rambler.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ И ДЛИНЫ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ

DEFINITION OF WEIGHT AND WOOD PARTICLES LENGTHS

Значение средней массы и длины древесных частиц на разных этапах производства древесных плит (получение стружки, ее сушка, осмоление, ориентация, формирование стружечного ковра и т.д.) имеет важное значение для автоматического управления соответствующими процессами. Определение массы частиц можно осуществить разными методами. Наиболее простые из них получаются при использовании датчика расхода типа ИРДМ, разработанного для измерения и регулирования расхода древесной массы [1]. Чувствительный элемент датчика выполнен в виде металлической пластины, устанавливаемой под углом 30 - 40° к потоку стружки. Упругие колебания чувствительного элемента, возбуждаемые ударами падающих частиц, преобразуются в электрические колебания пьезопреобразователя, жестко закрепленного на нижней стороне пластины. Выходной сигнал датчика может подаваться на вход различных электронных регуляторов. Достоинство датчика ИРДМ заключается в том, что его выходной сигнал несет двойную информацию: амплитуда сигнала пропорциональна массе древесных частиц, а частота – количеству частиц.

Первый метод определения массы m древесных частиц (рисунок а) основан на выражении:

$$m = \frac{n \cdot M}{N},$$

где M – масса определенного объема древесных частиц, измеряемого, например, ленточными весами;

N – количество частиц в определенном объеме, измеряемое датчиком расхода древесной массы. Значение N пропорционально частоте сигнала f на выходе датчика расхода древесной массы;

n – часть объема частиц, измеряемое датчиком, от объема частиц, измеряемого ленточными весами. Величина $n = 0,02 \div 0,2$ и зависит от площади чувствительного элемента датчика и его расположения в потоке частиц.

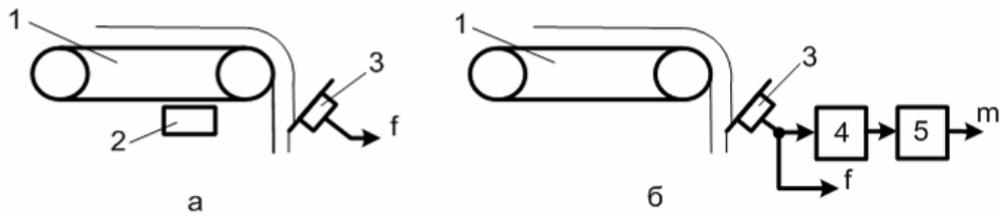


Рисунок – Схемы определения массы частицы: 1 – подающий транспортер; 2 - ленточные весы; 3 – датчик расхода древесной массы; 4 – амплитудный детектор; 5 - фильтр

Второй метод определения массы частиц (рисунок б) позволяет обойтись без ленточных весов. Он основан на выделении амплитуды сигнала датчика ИРДМ. При постоянстве стружечного потока, поступающего на чувствительный элемент датчика (скорость подающего ленточного транспортера неизменна), детектированный и отфильтрованный выходной сигнал датчика будет пропорционален средней массе древесных частиц. При переменном стружечном потоке необходима коррекция сигнала датчика по частоте, ослабляющего выходной сигнал с увеличением частоты f и наоборот.

Длину древесных частиц, расположенных на поверхности стружечного ковра, можно определить с помощью оптических и оптико-электронных приборов [2]. Однако, если древесные частицы находятся во вращающемся барабане (при сушке и осмолении), в бункере или в процессе ориентации или фракционирования, то оперативное измерение их длины представляет серьезную техническую проблему. В этом случае можно использовать косвенный показатель, имеющий корреляционную связь с длиной частиц. В качестве такого показателя целесообразно использовать массу частиц.

Объем древесной частицы, представляющей собой плоскую прямоугольную пластину:

$$V = l \cdot b \cdot h = k \cdot l^3 = \frac{m}{\rho_d},$$

где l, b, h – соответственно длина, ширина и толщина частицы;

k – коэффициент пропорциональности;

m – масса частицы;

ρ_d – плотность древесины частицы.

Длина, ширина и толщина стружки связаны определенным соотношением, поэтому объем частицы можно выразить через один из ее линейных размеров, например, через длину: $k \cdot l^3$. В [3] рекомендуется рациональное соотношение $l : b : h = 100 : 10 : 1$. При этом выраженный через длину объем частицы будет равен $10^{-3} \cdot l^3$, а коэффициент пропорциональности $k = 10^{-3}$.

Преобразовав выражение, получим формулу для косвенного определения длины частицы:

$$l = \sqrt[3]{\frac{m}{k \cdot \rho_d}}.$$

Плотность древесины частицы ρ_d также можно определить косвенным путем. Современные формирующие машины имеют в основном объемно-массовое дозирование, поэтому с увеличением плотности древесины стружки автоматически снижается

количество подаваемого стружечного материала, т.е. снижается толщина формируемого стружечного ковра (брикета) при постоянстве его массы. Поэтому значение толщины стружечного ковра H_k будет обратно пропорционально плотности древесины стружки ρ_d . Величина H_k довольно просто измеряется с помощью потенциометрического датчика толщины.

Определенные таким образом значения массы и длины стружки можно использовать для построения локальных автоматических систем оптимальной ориентации стружки (в производстве плит OSB), оптимального формирования стружечного ковра [4], поддержания оптимального соотношения стружки и связующего [5] и т.п.

Библиографический список

- 1 Отлев, И.А. Интенсификация производства древесностружечных плит / И.А. Отлев. – М.: Лесн. пром-сть, 1989.- 192 с
- 2 Палагин, В.А. Автоматика и автоматизация производственных процессов деревообработки: учебник для вузов / В.А. Палагин, В.А. Дорошенко, Л.В. Леонов. - М.: Экология, 1999. – 352 с.
- 3 Поташев, О.Е. Механика древесных плит / О.Е. Поташев, Ю.Г. Лапшин. - М.: Лесн. пром-сть, 1982.- 112 с.
- 4 Плотников, С.М. Оптимизация структуры стружечного ковра / С.М. Плотников // Изв. вузов. Лесной журнал.- 1987.- №1.- С.119-122.
- 5 А.с. 1219358 СССР, МПК В 27 N 1/02, Устройство для стабилизации соотношения древесной стружки и связующего / Плотников С.М.; заявитель и патентообладатель Сибир. технолог. ин-т. - опубл. 23.03.1986, Бюл.№ 11.

Подковыркина О.М., Смирнов С.В., Побединский В.В.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) inchem@usfeu.ru

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ СОЛЕЙ ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

INORGANIC COVERINGS FOR PRODUCTS FROM WOOD ON THE BASIS OF A PHOSPHORIC ACID SALTS

Металлофосфатные связующие относятся к классу неорганических полимеров. Они нашли применение в качестве клеевых материалов и в качестве основы для красок и покрытий различного назначения. Основные преимущества неорганических полимеров по сравнению со связующими, имеющими органическую природу, заключаются в возможности использования их в виде водных растворов и в негорючести применяемых материалов. После высыхания (обезвоживания) металлофосфаты образуют практически нерастворимые в воде пленки, имеющие полимерную природу химических связей. Использование термообработки на стадии обезвоживания связующих резко снижает их растворимость и повышают их химическую стойкость. Это обусловило применение ме-

таллофосфатных связующих в составе защитно-декоративных покрытий металлов и строительных конструкций, выполненных из различных материалов [1].

Целью настоящей работы является разработка обладающих защитным эффектом водорастворимых составов для пропитки и покрытия изделий из древесины. Учитывая широкие области применения изделий из древесины, в том числе, в отделочных работах при строительстве жилых помещений, основное внимание уделялось малотоксичным материалам экологически безопасным материалам, обладающим широким спектром потребительских свойств. Были изучены условия получения и свойства водных растворов дигидрофосфатов алюминия, магния, железа(III), меди(II), хрома(III) и цинка.

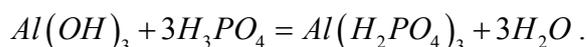
Неорганические связующие на основе солей ортофосфорной кислоты представляют собой дигидрофосфаты металлов второй, третьей групп Периодической таблицы Д.И.Менделеева и переходных металлов 3d-ряда. Основным способом их получения заключается в термическом растворении (варке) оксидных или гидроксидных соединений перечисленных выше металлов в высококонцентрированной H_3PO_4 . Продукт представляет собой вязкотекучий раствор, реология которого определяется преимущественно содержанием воды [2]. Разбавление связующих водой резко снижает их вязкость. Это позволяет использовать различные способы нанесения металлофосфатных связующих на поверхности изделий: распыление, использование валика, кисти и т.п. Основу большинства используемых в промышленности металлофосфатных связующих составляют алюмофосфатные $Al(H_2PO_4)_3$ (бесцветные), хромофосфатные $Cr(H_2PO_4)_3$ (зеленые) связки и их комбинации друг с другом и с дигидрофосфатами других металлов.

Исходными веществами для синтеза металлофосфатных связующих являлись ортофосфорная кислота с массовой долей основного компонента 45—85 %, оксид и гидроксид алюминия, оксид магния, гидроксиды железа(III) и хрома(III) в виде отхода после очистки хромсодержащих растворов, оксид хрома(III), оксид меди(II) и оксид цинка. Температура, при которой осуществлялось растворение оксидов и гидроксидов металлов в ортофосфорной кислоте варьировалась в интервале 318—371 К. В ряде случаев осуществлялось изотермическое упаривание растворов для достижения нужной консистенции продукта. Значения pH растворов металлофосфатных связующих колеблется в пределах 0,4—2,2 единиц. Добавление реагентов, повышающих значения водородного показателя, уменьшает устойчивость и способность к полимеризации связующих.

Основные реакции, протекающие при получении водных растворов металлофосфатных связующих, связаны с растворением оксидов или гидроксидов соответствующих металлов в «крепких» растворах ортофосфорной кислоты. Так, получение водного раствора дигидрофосфата алюминия осуществлялось, как из оксида:



так и из гидроксида алюминия:



При этом продукт при соблюдении соответствующих режимов термообработки и соотношения компонентов, обладает одинаковыми свойствами, независимо от химического характера исходных соединений металлов.

Установлено, что связующие, приготовленные на основе дигидрофосфата любого металла, если в продукте отсутствуют катионы другого металла, сохраняют однородность в течение непродолжительного интервала, который для разных образцов колеблется от суток до нескольких месяцев. По истечении этого срока часть дигидрофосфата металла разлагается с образованием мелкокристаллического осадка фосфатов металла. Для получения устойчивых композиций применялись комбинации из двух-трех дигидрофосфатов разных металлов.

Были разработаны два типа композиций металлофосфатных связующих, в которых основными компонентами являются дигидрофосфаты алюминия и хрома(III). Раствор дигидрофосфата алюминия является бесцветным, и связующие на его основе с катионами металлов, которые неактивны в видимой области электромагнитного спектра (например, дигидрофосфат магния), также являются прозрачными бесцветными неорганическими полимерами, которым, при необходимости, можно придать необходимую окраску путем введения кислотостойких пигментов. Так, введение в состав магнийалюмофосфатного связующего дигидрофосфата меди(II) обеспечивает голубую окраску продуктов. Композиции на основе дигидрофосфата хрома(III) обладают ярко выраженным зеленым цветом. Добавки других катионов металлов изменяют оттенки зеленого цвета.

Реологические свойства связующих определяются химической природой входящих в их состав дигидрофосфатов металлов и содержанием воды в образце (см. табл.). При этом, как было показано ранее [2], увеличение вязкости водных растворов связующих может быть достигнуто упариванием образца, тогда как разбавление водой для снижения вязкости без дополнительной термообработки может ухудшить вяжущие свойства продукта.

Таблица – Значения плотности и вязкости некоторых связующих

Тип связующего	Мольное отношение металлов	Массовая доля металлофосфатов, %	Плотность, кг/м ³	Условная вязкость по ВЗ-4, с
Алюмохромфосфатное	3 : 1	61,3	1,575	37,3
	1 : 1	60,8	1,584	34,3
	1 : 3	60,2	1,613	34,2
Магнийалюмофосфатное	2 : 1	58,5	1,556	22,2
	1 : 1	56,3	1,548	27,0
	1 : 2	56,7	1,526	18,8

Исследования медь-алюмо-, медь-хромо-, и медь-алюмо-хромо-фосфатных связующих показали, что они обладают биоцидными свойствами и могут быть использованы в качестве антисептиков древесины. Дополнительный эффект таких материалов связан с огнезащитными свойствами покрытий древесины. Указанные связующие были испытаны в качестве антисептиков кровельных материалов. При этом отмечен ряд технических и технологических моментов:

- обрабатываемая поверхность может быть покрыта традиционными способами, такими как окунание с выдержкой в ванне, опрыскивание и окрашивание;

- при высыхании связующих они действуют как защитные покрытия, практически не вымываемые конденсирующейся на поверхности изделий влагой;
- механические характеристики обработанных материалов практически не изменяются.

Таким образом, металлофосфатные связующие могут достаточно эффективно использоваться в технологии строительных материалов в качестве защитно-декоративных покрытий древесины.

Библиографический список

1. Смирнов С.В., Мухин Н.М., Смирнова Т.В. Повышение огнестойкости древесных пресс-масс. В сб.: Технология древесных плит и пластиков. - Свердловск: изд. УГЛТА, 1991. С. 73-76.
2. Смирнов С.В., Середа Б.П., Мухин Н.М. и др. Исследование локального окружения ионов хрома в фосфатных связующих для древесных пресс-масс. В сб.: Технология древесных плит и пластиков. - Свердловск: изд. УГЛТА, 1991. С. 87-94.

Крюк В.И., Ветошкин Ю.И., Яцун И.В., Мялицин Ан. В.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

КОМПОЗИЦИОННЫЕ РЕНТГЕНОЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

COMPOSITION X-RAY PROTECTION MATERIALS ON THE WOOD AND WOOD WASTE BASIS

Применяемые средства защиты имеют различные как защитные, так и эксплуатационно–декоративные свойства. Одни недостаточно долговечны, другие неудобны в процессе использования и монтажа, третьи – недостаточно привлекательны по цвету, фактуре, четвертые – дороги.

В связи с чем, разработка новых защитных материалов простых в применении, менее дорогих и с высокими дизайнерскими свойствами – является важной проблемой в модернизации и оснащении рентген–кабинетов и других специализированных помещений.

На отечественный рынок предлагается гамма разнообразных материалов, которые способны выполнять роль защитных материалов, данные представлены на рисунке 1.

Рекомендуемые материалы либо имеют в своем составе экологически вредный свинец и его соединения, либо имеют в качестве наполнителя дорогостоящие технологические и защитные добавки, либо сказывается их не технологичность изготовления и применения.

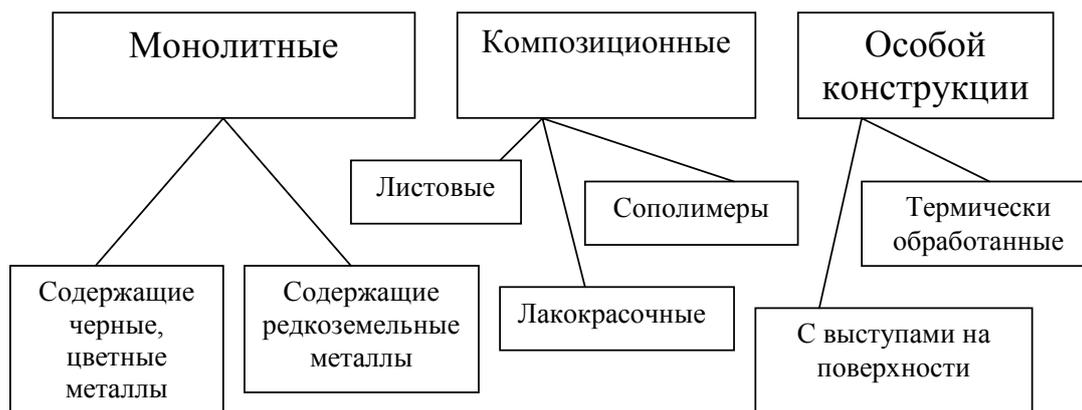


Рисунок 1 – Классификация рентгенозащитных материалов

На кафедре «Механической обработки древесины» ведутся научно – исследовательские, поисковые и экспериментальные работы по разработке защитно - декоративных материалов на основе древесины, направленные на исключение вредного свинца и его производных из композиции, а также улучшения экологической обстановки и комфортности помещений, в которых рекомендуется применение подобных материалов. Разработанные конструкции композиционных материалов, согласно патентных исследований, не имеют аналогов в мире.

Краткая информация о разработанных материалах:

1. Фанотрен А - композиционный материал на основе шпона. Материал обладает достаточной эффективностью ослабления рентгеновского и мягкого гамма-излучения с энергией < 100 кэВ. Эквивалентная толщина свинца $0,028$ см. На материал получен патент № 10638 от 16 августа 1999 г. (рис. 2).

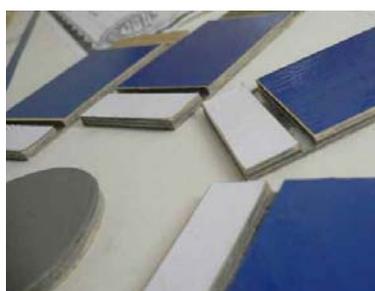


Рисунок 2 – Фанотрен А

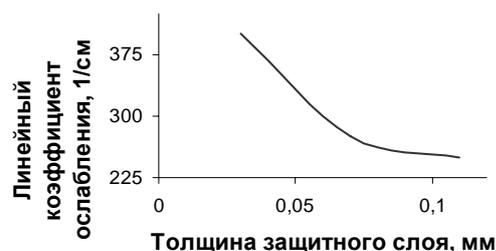


График 1 – Зависимость линейного коэффициента ослабления рентгеновского излучения от толщины защитного слоя

2. Фанотрен Б – композиционный материал на основе шпона. Материал обладает достаточной эффективностью ослабления рентгеновского и мягкого гамма-излучения с энергией < 200 кэВ. Эквивалентная толщина свинца $0,103$ см. На материал получен патент № 19791 от 10 октября 2001 г. (рис. 3).



Рисунок 3 – Фанотрен Б

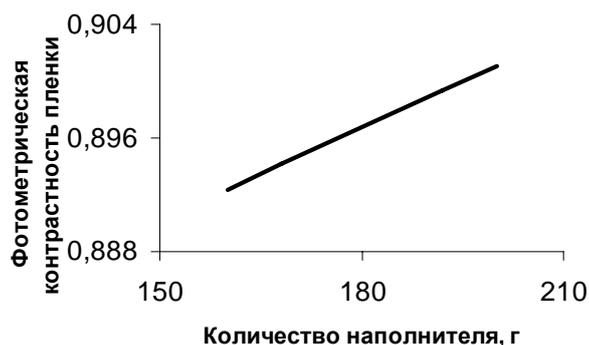


График 2 – Зависимость фотометрической контрастности пленки Фанотрена Б от содержания наполнителя

3. Фанотрен В – композиционный материал на основе фанеры. Эквивалентная толщина свинца 1 мм. На материал получен патент № 10461 от 24 мая 2004 г. (рис. 4).



Рисунок 4 – Фанотрен В

Защитные свойства соответствуют свин- цовому эквиваленту

4. Фанотрен Г – композиционный материал на основе фанеры (рис. 5).



Рисунок 5 – Фанотрен Г

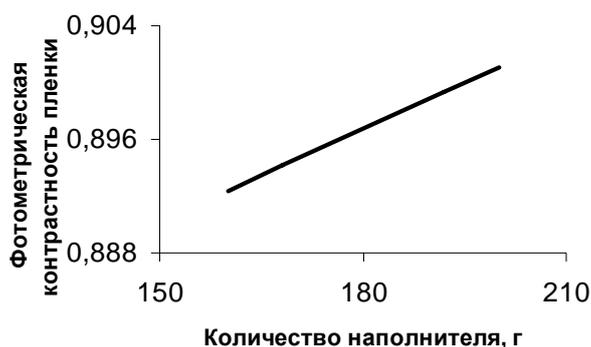


График 3 – Зависимость фотометрической контрастности пленки Фанотрена Г от количества наполнителя

5. Плитотрен А – композиционный материал, аналог древесностружечной плиты. Свинцовый эквивалент материала составляет 0.3 мм свинца. Композиционный ма-

териал обладает высокими защитными свойствами от рентгеновского излучения. Степень защиты можно регулировать в зависимости от требований заказчика (рис. 6).



Рисунок 6 – Плитотрен А

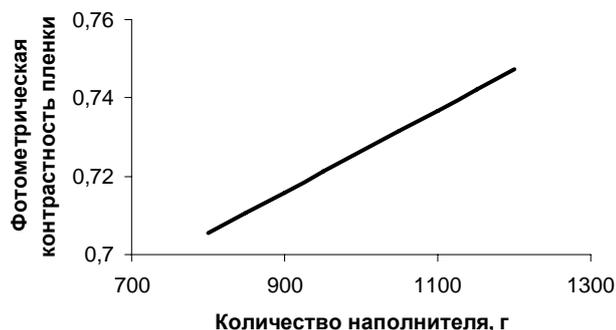


График 4 – Зависимость фотометрической контрастности пленки Плитотрена А от количества наполнителя

6. Плитотрен Б – композиционный материал аналог древесностружечной плиты (рис. 7).



Рисунок 7 – Плитотрен Б

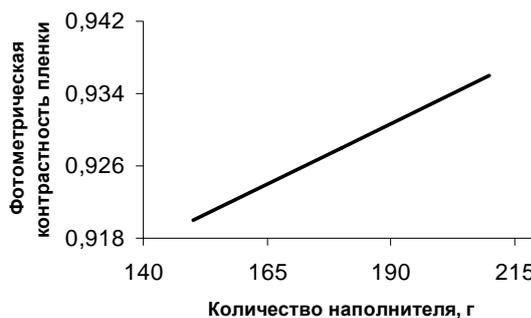


График 5 – Зависимость фотометрической контрастности пленки Плитотрена Б от количества наполнителя

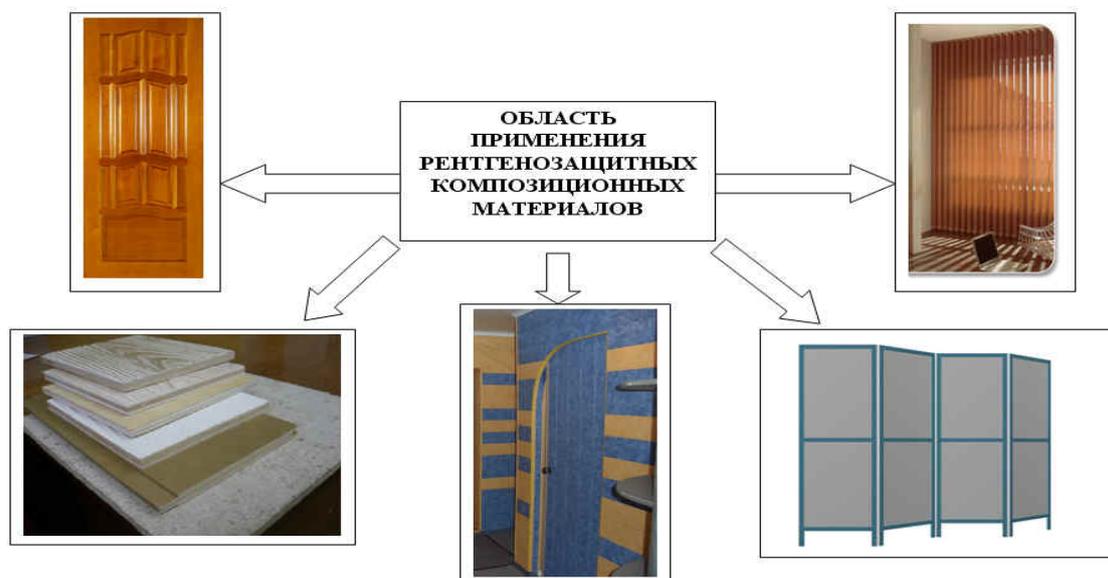


Рисунок 8 – Область применения рентгенозащитных материалов

Разработанные материалы обладают высокими физико-механическими показателями и являются конструкционным, что позволяет применять их (рисунок 8) в изготовлении необходимых конструкций мебели, дверей, стеновых панелей, ширм и других конструкций специального назначения. Материал можно облицовывать и производить отделку разнообразными лакокрасочными материалами, тем самым, улучшая его внешний вид.

Разработанные материалы обладают оригинальными конструктивно-декоративными особенностями, хорошими свойствами для монтажа, хорошо обрабатываются на деревообрабатывающем оборудовании.

Рогожникова И.Т., Новоселов В.Г. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
nauka-les@yandex.ru

КРИТЕРИИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЕРЕВООБРАБОТКИ ПО ПАРАМЕТРУ КАЧЕСТВА «ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ»

THE DEFINITION MEANS OF WOODWORKING TECHNOLOGY SYSTEMS RELIABILITY ON THE QUALITY INDEX "THE SURFACE ROUGHNESS ". CRITERIA, METHODS AND MEANS

Согласно ГОСТ 15467-79 [1], качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. Следовательно, качество продукции деревообработки – это не только степень насыщенности их пороками древесины, как принято считать в лесопилении и отраслях, потребляющих пиломатериалы, а также совокупность потребительских (эксплуатационных) свойств, таких как размер, форма, прочность, шероховатость обработанной поверхности, биостойкость, влажность, декоративность и т.д.

Шероховатость поверхности изделий из древесины оказывает непосредственное влияние на многие технологические и эксплуатационные свойства деталей в целом и является важным производственным фактором, с которым связан расход материалов и технико-экономическая эффективность многих технологических операций таких, как склеивание, шлифование, покрытие лаком и др. Нельзя забывать и о эстетических свойствах древесины – отражающую и поглощающую способность, на которую непосредственно оказывает влияние шероховатость поверхности.

Актуальность проблемы получения необходимого качества обработанной поверхности древесины в настоящее время становится всё более значимой в связи с повышением требований к качеству продукции деревообработки и получения наибольшего экономического эффекта для предприятия.

Технологическая система деревообработки в соответствии с ГОСТ 27.004-85 [2] включает в себя функционально взаимосвязанные средства технологического оснащения - станок, предмет производства и исполнителя - станочника по деревообработке,

для выполнения в регламентированных условиях производства заданный технологический процесс или операцию.

Жесткие режимы эксплуатации инструмента при обработке древесины и древесных материалов в станках приводят к высокой интенсивности изнашивания инструмента, быстрому его затуплению, потере режущих свойств и снижению качества обработки. Нарушение технологии и режимов резания древесины, отсутствия должной настройки и наладки системы «станок-инструмент-зготовка» также отрицательно влияет на качество обработки и, в частности, на шероховатость поверхности. Шероховатость обработанной поверхности детали постепенно увеличивается.

Поэтому может наступить событие, когда функционирование технологической системы сохраняется, но происходит выход значения параметра технологического процесса, в данном случае шероховатости поверхности за пределы, установленные в нормативно-технической и конструкторской и технологической документации, и наступает параметрический отказ. Наступает отказ технологической системы деревообработки по параметру качества продукции, в частности по параметру «шероховатость поверхности». Знание закономерности наступления этого состояния в зависимости от конструктивно-технологических факторов процесса обработки древесины позволит объективно устанавливать период стойкости инструмента, время подналадки оборудования и рационально организовать его эксплуатацию и техническое обслуживание.

В связи с этим один из основных показателей качества продукции деревообработки «шероховатость поверхности» принимается нами за критерий надежности технологической системы по параметру качества продукции [3].

Вопросу шероховатости обработанной поверхности древесины уже стало уделяться достаточное внимание с момента появления средств и методов механической обработки. Но изначально не было единого понятия шероховатости поверхности. В конце 19 века, когда изучение шероховатости поверхности изделий стало проводиться на научной основе, встречаются понятия «ровность», «гладкость» древесины при её механической обработке, например, в работах И.А. Тиме [4].

В 1937 году был утвержден и введен в действие ОСТ НКЛес 203 «Термины и обозначения процессов механической обработки древесины», разработанный ЦНИИМОДом. Содержащиеся в этом ОСТе определения шероховатости технически были не определены и были основаны лишь на субъективной оценке шероховатости обработанной поверхности.

Практически обработанная поверхность древесины имеет большое разнообразие неровностей, определяющих качество поверхности. Существенное влияние на шероховатость поверхности древесины оказывает её анизотропия, т.е. обладание различными физико-механическими свойствами по трём взаимно-перпендикулярным направлениям (продольное, поперечное, торцевое), а также неоднородность древесины (различная степень упругости по годовым слоям).

Впервые в 1947 году Ф.М. Манжосом была предложена классификация неровностей для поверхностей древесины. Все неровности Ф.М. Манжос разделяет в зависимости от происхождения на следующие четыре группы: кинематические неровности в виде волн (рисок); неровности разрушения – углубления, возникающие в результате скалывания или вырывания отдельных частиц древесины; вибрационные неровности в форме выступов и порогов, образующихся под влиянием вибраций резца или обраба-

тываемой заготовки; структурные неровности, обусловленные наличием естественных пор и сосудов.

Большой вклад по изучению чистоты поверхности древесины, её классификации, определения классов обработки, методов контроля, зависимости влияния режимов резания на шероховатость поверхности внес Б.М. Буглай [5]. В начале 1950-х годов Б.М. Буглай предложил свою классификацию неровностей поверхностей древесины.

На основе работ под руководством Б.М. Буглая был подготовлен и утвержден ГОСТ 7016-54 «Чистота поверхности древесины. Определения и классификация», который установил 10 классов чистоты поверхности. В дальнейшем в 1968 году данный ГОСТ изменил название на «Древесина. Классы шероховатости и обозначения», в котором понятие «чистоты поверхности» заменяется понятием «шероховатость поверхности». В 1982 году в связи с развитием технического прогресса и технологий деревообработки данный ГОСТ получил название «Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности» [6], который действует и по настоящее время.

А.Л. Бершадский [7] к классификации по М.Б. Буглая добавил определения неровностей обработки древесины с нерегулярным и регулярным шагом, характеризующимися размерными показателями в виде неровностей разрушения, наличием или отсутствием ворсистости и мшистости, неровностей разрушения от неправильно выбранных режимов резания или нарушения технологий.

В.Н. Невзоров [8] ввел понятие субмикронеровности, под которым предложил понимать неровности поверхности древесины на молекулярном уровне.

Мы предлагаем в определении погрешностей обработки изменить понятие макронеровности на неровности формы детали и ввести новое понятие микронеровности. Под макронеровностями М.Б. Буглай рассматривал погрешности геометрической точности продукции деревообработки, например неплоскостность поверхностей (крыловатость, коробление и т.п.) и относил к категории точности, а не чистоты обработки. Нами предлагается под понятием макронеровности рассматривать неровности разрушения с нерегулярным шагом – ворсистость, мшистость, вырыв, скол, а также неровности разрушения с регулярным шагом – кинематическая волнистость, вибрационные неровности. Классификация неровностей обработанной поверхности древесины приведена на рисунке.

К микронеровностям мы предлагаем отнести неровности разрушения с регулярным шагом – неровности упругого восстановления, обработочные риски и в некоторых случаях учитывать анатомические неровности поверхности, согласно ГОСТ 7016-82. Необходимо отметить, что микронеровности на каждой поверхности древесины являются случайными дефектами, тогда как кинематическая волнистость и вибрационные неровности носят регулярный характер и зависят от диаметра окружности резания, припуска на обработку, количества резцов, от настройки и наводки режущего инструмента.

Возвращаясь к истории вопроса о шероховатости поверхности древесины необходимо отметить работу Н.А. Кряжева [9] по изучению зависимости шероховатости поверхности древесины от условий и режимов резания при наиболее распространенном режиме резания как по многообразию выполняемых работ, так и по удельному весу в технологическом цикле – цилиндрическом фрезеровании. Н.А. Кряжев подробно рассмотрел влияние параметров и режимов резания на шероховатость поверхности таких,

как подача на резец, угол резания, степень затупления инструмента, глубина фрезерования, скорости подачи и резания и т.д.

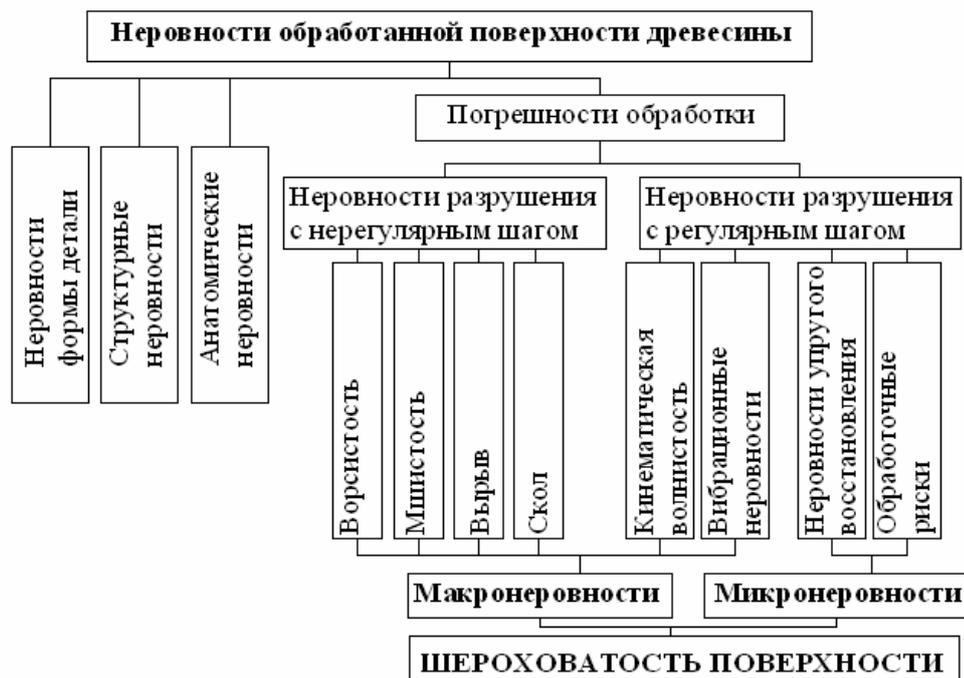


Рисунок – Классификация неровностей обработанной поверхности древесины

ГОСТ 7016-82 регламентирует набор из пяти параметров шероховатости обработанной поверхности Rm_{max}, Rm, Rz, Ra, Sz . Четыре первых параметра характеризуют высоту неровностей, а пятый – шаг неровностей. Единица измерений данных параметров – микрометр (мкм).

Rm_{max} - среднее арифметическое высот отдельных наибольших неровностей на поверхности, Rm - наибольшая высота неровностей профиля до высшей и низшей точек от средней линии профиля, Rz - высота неровностей профиля по десяти точкам при отсчете от базовой линии, Ra - среднее арифметическое абсолютных отклонений профиля, Sz - средний шаг неровностей профиля по впадинам.

Числовые значения параметров шероховатости Rm_{max}, Rm, Rz находятся в диапазоне от 2,5 до 1600 мкм. Числовые значения параметра шероховатости Ra находятся в диапазоне от 0,50 до 100 мкм.

Оценка точности результатов измерения шероховатости поверхности производится несколькими метрологическими методами по ГОСТ 15612-78 [10]: профильный метод - оптический метод светового сечения и теневого сечения с применением микроскопов и профильный метод - профилометрирование и профилографирование с использованием профилографов-профилометров; метод визуального сравнения с образцами шероховатости поверхности (эталоны); метод с применением индикаторных приборов; метод контроля по образцовым деталям.

Все данные метрологические методы имеют свои преимущества и недостатки. На предприятиях широко применяется метод по образцам (эталоны) и образцовым деталям, но данный метод не носит объективного характера контроля качества обрабо-

танной поверхности, т.к. во многом зависит от квалификации контролера и степени износа образцов-эталонов и образцов-сравнения. Индикаторный метод (например, индикаторные глубиномеры И 402, И 405) позволяет измерять только крупные неровности на контролируемой поверхности размером от 500 до 1600 мкм, которые изначально необходимо выбрать визуально, т.е. опять не исключена субъективная оценка контролера. Оптические методы с применением, например, двойных микроскопов МИС-11 и ТСП-4М дают точные результаты качества обработанной поверхности, но несут трудоемкий характер измерений и требуют точной настройки микроскопов. Еще одним недостатком данного метода является разный диапазон измерений, так для МИС-11 диапазон измерений от 6 до 63 мкм, а для ТСП-4М – от 60 до 500 мкм, тогда как для продольного цилиндрического фрезерования пределы шероховатости поверхности находятся от 16 до 250 мкм. Профильный метод с применением профилографа-профилометра носит объективный характер, определяемый только качеством оборудования и его настройкой, однако также необходим профессионализм контролера. Недостатком метода с применением профилографа-профилометра является достаточно высокая цена оборудования, что не всегда под силу, например, малым предприятиям. В настоящее время возникают трудности в приобретении профилографов-профилометров для измерения шероховатости обработанной древесины из-за того, что практически отсутствуют предприятия-изготовители данных приборов. Профилометр ПМД 2-100 выпускает по индивидуальным заказам предприятие ООО «Микроавтоматика» г. Пензы. Необходимо отметить, что достоинством применения данного профилометра является то, что прибор имеет оптимальный для поверхности обработанной древесины диапазон измерений от 0,5 до 800 мкм.

Производители, стремящиеся изготавливать качественную продукцию деревообработки, соответствующую международным стандартам качества, контролирующую надежность технологической системы деревообработки по параметрам качества продукции, в частности, по параметру качества «шероховатость поверхности» будут стремиться применять объективный и научный метод профилографирования-профилометрии.

Библиографический список

1. ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. [Текст]. Введ. 1979-26-01. М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 2002. 15 с.
2. ГОСТ 27.004-85 Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. [Текст]. Взамен ГОСТ 22954-78; введ. 1986-07-01. М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 2002. 18 с.
3. Новосёлов В.Г. Теоретическое исследование надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «шероховатость поверхности» [Текст]/ В.Г.Новосёлов, И.Т. Рогожникова // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 20-21 сентября 2006 г./ Екатеринбург: Урал.гос.лесотехн.ун-т., 2006. С.117-122.
4. Вороницын В.К. Исследование и разработка ультразвукового метода контроля шероховатости поверхности изделий из древесины и древесных материалов [Текст]:

дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05: утв. 04.04.73 / Вороницин Владимир Константинович. М., 1972. 176 с. Библиогр.: с. 127-134.

5. Буглай Б. М. Исследование и нормализация чистоты поверхности древесины [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05: защищена 19.06.57: утв. 31.05.58 / Буглай Борис Мартынович. М., 1957. 356 с. Библиогр.: с. 346-356. т. 1-2.

6. ГОСТ 7016-82 Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности [Текст]. Введ. 1983-07-01. М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 2002. 8 с.

7. Бершадский А.Л. Резание древесины [Текст] / Л.А.Бершадский, Н.И. Цветкова; Минск: Высшая шк., 1975. 304 с.

8. Невзоров В.Н. Надежность машин и оборудования. Ч.1 [Текст]: учеб. пособие для студентов технических специальностей вузов / В.Н. Невзоров, Е.В. Сугак; Красноярск: Сибирский государственный технологический университет, 1998. 240 с.

9. Кряжев Н.А. Цилиндрическое и коническое фрезерование древесины [Текст] / Н. А. Кряжев; М.: Гослесбумиздат, 1963. 184 с.

10. ГОСТ 15612-78 Изделия из древесины и древесных материалов. Методы определения параметров шероховатости поверхности [Текст]. Введ. 1980-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 1979. 13 с.

Сазонова Е.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

saz-elena@yandex.ru

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК

THE POWER APPROACH IN THE PERFORMANCE ESTIMATION OF TECHNOLOGICAL LOGGING PROCESSES

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам экономии энергии и топлива в лесной отрасли, а также проблеме замены, где это возможно и целесообразно, дефицитного нефтегазового сырья древесной биомассой, которая возобновляется при жизнедеятельности лесных массивов. Однако необходимо оценить возможности энергетического использования древесной биомассы. При этом следует исходить из того, что производительность лесов как источников энергии ограничена не столь высоким пределом. Ведь годовой прирост древесины в лесах эквивалентен по энергии всего 12...13% годового расхода горючих ископаемых. Таким образом, важнейшей задачей лесного хозяйства является создание высокопродуктивных насаждений с минимальным оборотом рубки, заготовка леса, лесовозобновление, защитное лесоразведение, рубки ухода и другие лесохозяйственные мероприятия, направленные на возмещение ущерба, наносимого окружающей среде.

В связи с постоянным ростом цен на энергетические ресурсы, дефицитом топлива и необходимостью выбора вариантов его замены существенное значение приобретает один из основных показателей любого технологического процесса – энергоем-

кость, т.е. удельная величина потребления энергии на основные и вспомогательные процессы.

Затраты всех видов энергии технологического процесса аккумулируются и пересчитываются на необходимое для их получения топливо. Для удобства и наглядности технологические топливные числа представляются в единицах условного топлива, что позволяет достаточно объективно проводить энергетический анализ эффективности использования энергии в технологическом процессе [1].

Источником технологического процесса лесосечных работ являются ресурсы.

Под ресурсами понимается совокупность тех природных, социальных и духовных сил, которые могут быть использованы в процессе производства товара и других ценностей.

В качестве измерителей производственных ресурсов приняты следующие:

- трудовые ресурсы характеризуются численностью людей, занятых в процессе производства;
- технические ресурсы характеризуются энергетической мощностью машинного парка;
- энергетические ресурсы характеризуются объемом топливно-энергетических ресурсов, расходуемых в процессе производства;
- материальные ресурсы характеризуются потребным количеством сырья и материалов.

Общим характерным признаком производственных ресурсов является потенциальная возможность их участия в процессе производства. Наличие ресурсов отражает готовность к процессу производства, но не свидетельствуют о его начале, так как измерители ресурсов не содержат временной характеристики. Вступив в процесс производства, они становятся "производящими" ресурсами, т.е. выступают уже в иной ипостаси, а именно – они становятся факторами производства.

Факторы производства – это расходуемые во времени производственные ресурсы, находящиеся в рамках постоянного взаимодействия: средства труда, рабочая сила, энергия, объем материальных ресурсов [2].

1. Средства труда, т.е. расходуемые во времени технические ресурсы. Поскольку их измерителем служит энергетическая мощность машинной техники N , то ее расходование во времени T характеризуется энергетическим потенциалом средств труда $ЭП$. Модель технических ресурсов имеет вид, кВт-ч:

$$ЭП = N \cdot T. \quad (1)$$

2. Рабочая сила (живой труд) – это расходуемые во времени трудовые ресурсы, измеряемые количеством трудозатрат $TЗ$. Модель трудовых ресурсов имеет вид, чел.-ч:

$$TЗ = ППП \cdot T, \quad (2)$$

где $ППП$ – численность занятого персонала, чел.

3. Энергия характеризуется объемом расходуемых во времени энергетических ресурсов. Модель энергетических ресурсов, кВт-ч:

$$Э = Q \cdot T, \quad (3)$$

где $Э$ – объем энергопотребления за время T ;

Q – количество топливно-энергетических ресурсов в тоннах условного топлива, расходуемых за время T .

4. Предмет труда характеризуется объемами материальных ресурсов, превращаемых в процессе производства в готовую продукцию - $Q_{год}$.

Содержанием технологического процесса производства является взаимодействие его факторов. Приведенная их характеристика позволяет вскрыть механизм технологического процесса и тем самым показать, как происходит трансформация ресурсов в готовый продукт.

Взаимодействие факторов производства представляется соотношением затрат овеществленного и живого труда. Затраты машинного труда характеризуются величиной энергетического потенциала машинной техники $ЭП$, а затраты живого – трудозатратами $ТЗ$, т.е:

$$ЭП / ТЗ = N_{ТР} , \tag{4}$$

где $N_{ТР}$ – энерговооруженность труда, кВт / чел.

Энергия, подводимая к рабочему органу орудий производства, обеспечивает их функционирование. Чем выше их мощностные характеристики, тем большее количество энергии может быть трансформировано в технологическую работу и, следовательно, тем большие объемы продукции могут быть произведены. Математическое взаимодействие энергии и средств труда может быть представлена так:

$$Э / ЭП = \Phi_{И} , \tag{5}$$

где $\Phi_{И}$ – фактор интенсивности машиноиспользования, характеризующий степень полезного использования энергетического потенциала средств труда.

Коэффициент эффективности труда $K_{Этр}$ выражается соотношением объемами энергопотребления и трудозатрат:

$$Э / ТЗ = K_{Этр} . \tag{6}$$

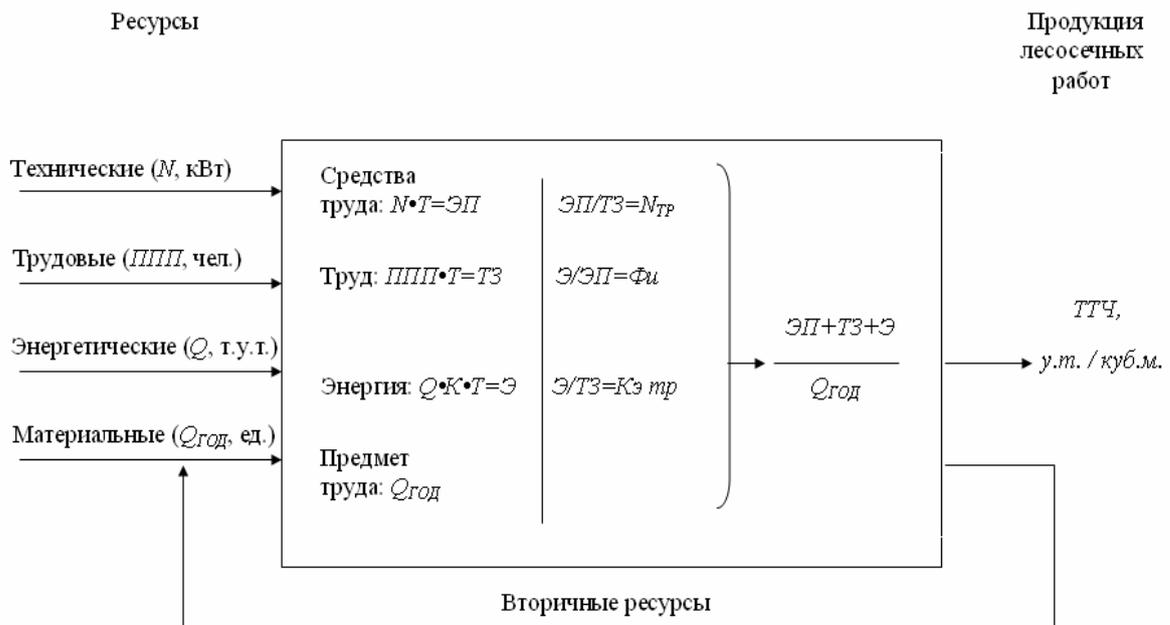


Рисунок – Аналитическая модель расчета ТТЧ технологических процессов лесозаготовок

В процессе производства предмет труда подвергается обработке, т.е. выполняется определенная технологическая работа. Совокупность выполняемых работ (операций) обеспечивает превращение предмета в готовый продукт. Воздействие энергии на предмет труда прекращается, когда продукт полностью готов. Таким образом, взаимодействие энергии и предмета труда по окончании производственного процесса характеризуется как взаимодействие энергии и готового продукта, т.е.:

$$(ЭП + ТЗ + Э) / Q_{\text{год}} = ТТЧ \quad (7)$$

Аналитическая модель расчета ТТЧ технологических процессов лесозаготовок представлена на рисунке.

Библиографический список

1. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Розин С.Е., Дружинина О.Г. Методология и информационное обеспечение сквозного энергетического анализа. Екатеринбург: УГТУ, 2001. – 98 с.

2. Бадмаева С.Д. Энергономика промышленного производства: монография. СПб.: СПбЛТА, 2000. - 152 с.

Гороховский А.Г., Шишкина Е.Е. (ОАО «УралНИИПДрев», УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) elenashishkina@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОБМЕНА ПРИ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ MATHCAD – 12

THE RESEARCH OF THERMO-MASS TRANSFER PROCESS DURING CONVECTIONAL DRY OF TIMBER WITH COMPUTER PROGRAM MATHCAD-12 APPLICATION

Вычислительная среда Mathcad существует более 20 лет, считая от первой версии 2,5 до последней, Mathcad – 12 [1, 2]. Для данной вычислительной среды характерно следующее:

- весьма простые принципы программирования и естественная форма записи математических выражений;
- наличие огромного количества встроенных функций и процедур, позволяющих решать самый широкий класс научных и технических задач, проводить оптимизацию, графически интерпретировать результаты и т.п.

К недостаткам ВС данного типа следует отнести некоторые ограничения в организации циклических вычислительных процедур.

Анализ процессов сушки древесины нами проводился в два этапа:

- Решение системы дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП) тепломассообмена [3] с определением данных для сушки и расчетом полей влажности. Графическая интерпретация результатов вычислений.

- Расчет величины внутренних напряжений и их развитие во времени на основе многостержневой модели доски [4]. Графическая интерпретация результатов вычислений.

Реализация первого этапа производилась по специально разработанной для этих целей программе, имеющей следующую структуру:

- ввод исходных данных;
- вычисление коэффициентов тепло- и массообмена;
- вычисление вспомогательных и промежуточных величин;
- решение характеристического уравнения;
- расчет распределения влажности древесины по сечению высушиваемого сортамента;
- построение графических зависимостей.

Исходными данными для данной программы являлись:

- порода древесины;
- базисная плотность древесины;
- толщина доски;
- ширина штабеля;
- скорость циркуляции агента сушки;
- режим сушки и влаготеплообработки;
- шаг по времени, при котором будет производиться расчет распределения влажности;
- коэффициент фазового перехода.

Для второго этапа также была подготовлена программа, структура которой имеет вид:

- ввод исходных данных;
- вычисление значений влажности в каждом стержне многостержневой модели в заданные моменты времени;
- вычисление значения модуля упругости и величины допускаемых напряжений в стержнях в заданные моменты времени;
- построение графиков.

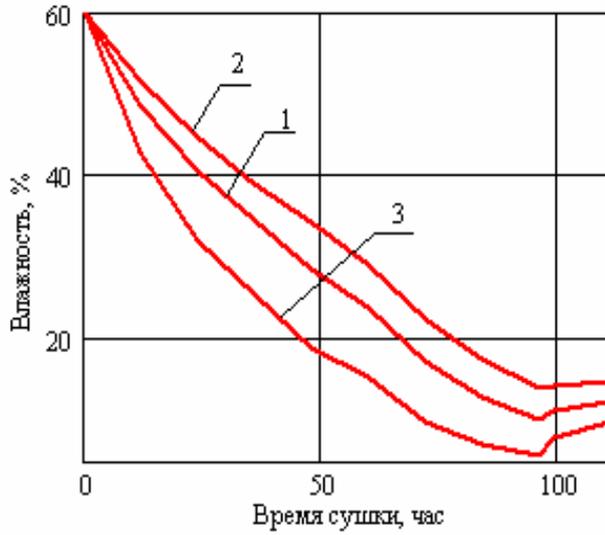
Исходными данными в данном случае были:

- матрица распределения влажности древесины по сечению доски в заданные моменты времени (определялась на первом этапе расчета);
- температура среды в заданные моменты времени;
- порода древесины (коэффициент усушки);
- количество стержней многостержневой модели.

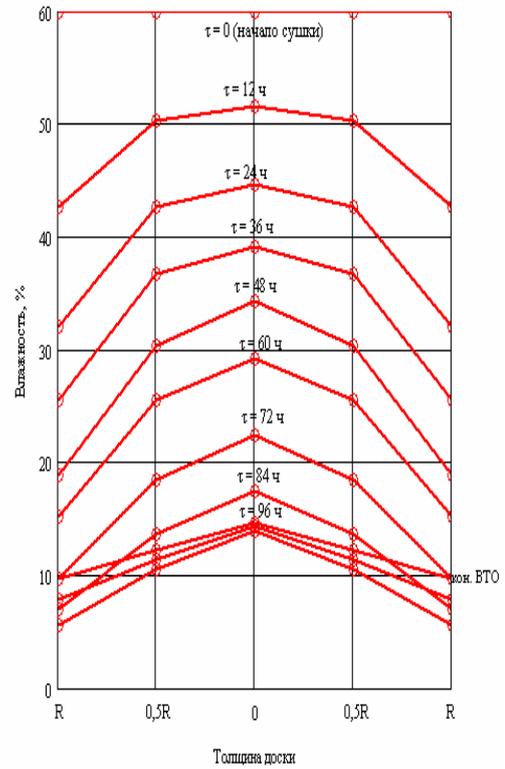
Теплофизические, влагообменные и физико-механические свойства древесины определялись на основе зависимостей, полученных в ходе ранее проведенных исследований [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

Примеры результатов расчета кинетики и динамики сушки условного пиломатериала представлены на рис. 1 и 2.

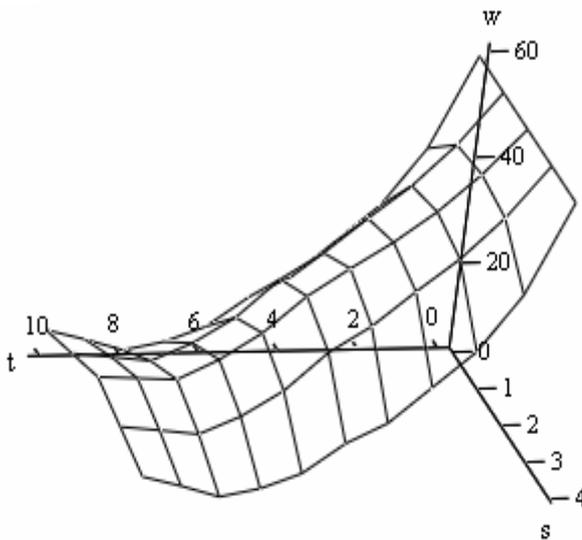
Анализ данных, представленных на рис. 1 и 2 позволяет заключить, что применение ВС Mathcad – 12 (при наличии соответствующего программного обеспечения) позволяет оперативно получить достаточно большой объем исчерпывающей информации о кинетике и динамике сушки пиломатериалов.



а)



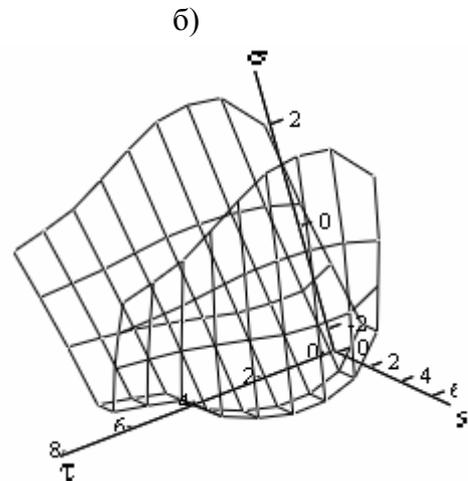
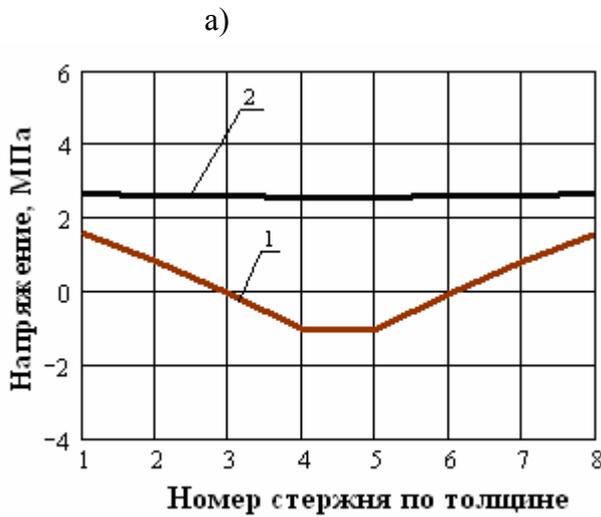
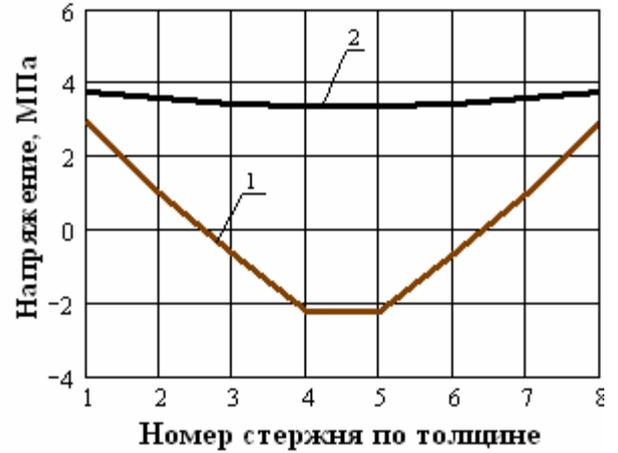
в)



б)

а) Изменение влажности древесины во времени: 1 – средняя влажность; 2 – внутренние слои; 3 – наружные слои; б) Распределение влажности в пространстве параметров времени и толщины доски; в) Распределение влажности по толщине в различные моменты времени

Рисунок 1 – Кинетика сушки пиломатериалов (порода – сосна, толщина – 40 мм; $W_n = 60 \%$, $W_k = 12 \%$, режим – нормативный)



- а) Максимальные напряжения в стержнях многостержневой модели: 1 – напряжения во время сушки; 2 – допускаемые напряжения; б) Напряжения в стержнях многостержневой модели в конце сушки: 1 – напряжения во время сушки; 2 – допускаемые напряжения; в) Напряжения в стержнях многостержневой модели после конечной влаготеплообработки: 1 – напряжения во время сушки; 2 – допускаемые напряжения; г) Развитие напряжений в пространстве параметров времени и толщины доски

Рисунок 2 – Внутренние напряжения при сушке пиломатериалов (порода – сосна, толщина 40 мм, $W_n = 60\%$, $W_k = 12\%$; режим – нормативный)

Выводы

Предлагается методика и программное обеспечение, выполненное в вычислительной среде Mathcad – 12, предназначенные для оперативного анализа кинетики и динамики сушки пиломатериалов различных пород режимами различной структуры и значений их параметров.

Библиографический список

1. Кирьянов Д.В. Mathcad – 12 / Д.В. Кирьянов / СПб.: БХВ – Петербург. – 2005. – 576 с.
2. Алексеев Е.Р. Mathcad – 12 / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова / М.: NT Press. – 2005. – 345 с.
3. Лыков А.В. Теория тепло- и массопереноса / А.В. Лыков, Ю.А. Михайлов. – М.: Госэнергоиздат. – 1963. – 535 с.
4. Уголев Б.Н. Контроль напряжений при сушке древесины / Б.Н. Уголев, Ю.Г. Лапшин, Е.В. Кротов. – М.: Лесная промышленность. – 1980. – 206 с.
5. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины / Г.С Шубин. – М.: Лесная промышленность, 1990. - 336 с.
6. Скуратов Н.В. Разработка рациональных режимов сушки пиломатериалов в камерах периодического действия: дисс. ... канд. техн. наук / Скуратов Николай Владимирович. – М.: МЛТИ. – 1983. – 257 с.
7. Красухина Л.П. О рациональных режимах сушки березовых пиломатериалов в камерах периодического действия / Л.П. Красухина // Деревообрабатывающая промышленность. – 1988. – № 6. – С. 5 - 7.
8. Серговский П.С. Новые режимы сушки осинового пиломатериала / П.С. Серговский, А.А. Фахретдинов // Деревообрабатывающая промышленность. – 1991. – № 1. – С. 4 - 7.
9. Огаркова Т.В. Влияние влаги на коэффициент усушки древесины / Т.В. Огаркова // Сушка древесины. – Архангельск. – 1968. – с. 201 – 206.
10. Огаркова Т.В. Влияние гигроскопической влаги на коэффициент усушки древесины / Т.В. Огаркова // Изв. ВУЗов “Лесной журнал”. – 1964. - № 3.
11. Глухих В.Н. Аналитическое определение коэффициента усушки по ширине доски / В.Н. Глухих // Изв. ВУЗов “Лесной журнал”. – 1973. - № 4.

Гороховский А.Г., Шишкина Е.Е. (ОАО «УралНИИПДрев»,
УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) elenashishkina@yandex.ru

РАСЧЕТ СКОРОСТИ АГЕНТА СУШКИ В КАМЕРАХ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

THE CALCULATION OF DRYING AGENT SPEED IN CHAMBER WITH NATURAL CIRCULATION

Постоянное повышение цен на электроэнергию в последние годы заставило производителей [1] и исследователей [2] вновь обратиться к использованию для сушки пиломатериалов камер с естественной циркуляцией агента сушки, которые не потребляют электроэнергию на привод вентиляторов. К другим преимуществам камер этого типа можно отнести:

- простоту конструкции и более низкую стоимость камеры;

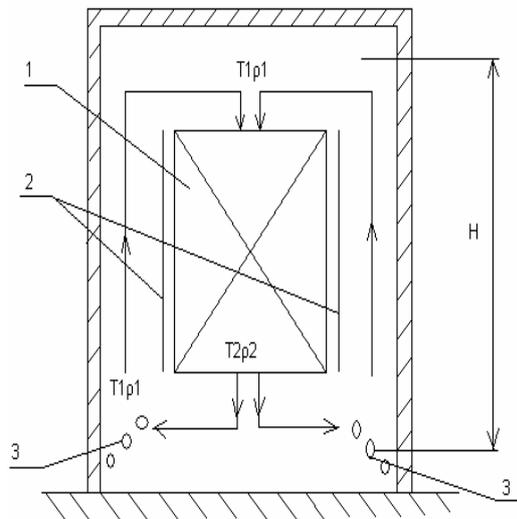
- более низкую амортизацию и эксплуатационные затраты.

Недостатки камер с естественной циркуляцией хорошо известны и могут быть успешно преодолены современными техническими средствами [1, 2].

В то же время анализ ранее проведенных исследований [3, 4, 5, 6] показывает, что процессы естественной циркуляции с теоретической стороны проработаны явно недостаточно.

В основе разработанных методик определения параметров, в первую очередь скорости естественной циркуляции [3, 5, 7] лежит гидравлическая теория движения газов, разработанная В.Е. Грум-Гржимайло [8].

Согласно [3] процесс циркуляции возникает вследствие разности весов столбов воздуха, охлажденного в штабеле и нагретого в калорифере (рис. 1).



1 – штабель; 2 – экраны; 3 – калориферы

Рисунок 1 – Схема естественной циркуляции воздуха в лесосушильной камере

Статический напор, создаваемый при этом равен

$$\Delta P_{ст} = Hg (\rho_{ср.шт.} - \rho_1), \text{ Н/м}^2 \quad (1)$$

где H – высота столба нагретого воздуха, м;

ρ_1 – плотность воздуха, нагретого в калорифере (на входе в штабель), кг/м³;

$\rho_{ср.шт.}$ – средняя плотность воздуха в штабеле, кг/м³.

Среднюю плотность воздуха в штабеле можно определить как:

$$\rho_{ср.шт.} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}, \quad (2)$$

где ρ_2 – плотность воздуха на выходе из штабеля, кг/м³.

После преобразований Н.С. Селюгин [3] предлагает следующую формулу для определения скорости естественной циркуляции:

$$V = \sqrt{\frac{\Delta t H g}{T_1 \cdot \Sigma \xi}}, \text{ м/с} \quad (3)$$

где Δt – перепад температуры воздуха на штабеле, $^{\circ}\text{C}$;

T_1 – абсолютное значение температуры воздуха на входе в штабель, $^{\circ}\text{K}$;

$\Sigma \xi$ – сумма коэффициентов сопротивлений движению воздуха.

Практически $\Sigma \xi = \xi_{шт.}$

где $\xi_{шт.}$ – коэффициент сопротивления штабеля.

В [9] есть ряд эмпирических формул и номограмм, позволяющих определять ξ для различных случаев сушки.

Таким образом, существующая методика определения скорости естественной циркуляции не учитывает некоторых новых представлений об аэродинамике, например:

- наличие помимо статического напора столба нагретого воздуха динамического напора в плоской струе над нагревателем;
- в [3] коэффициент сопротивления штабеля зависит от параметров штабеля, в то время как он, в первую очередь зависит от квадрата скорости циркуляции воздуха;
- применение ребровой укладки пиломатериалов [9] помимо резкого снижения коэффициентов сопротивления требует изменения подхода к точному определению их величины.

Динамическая составляющая напора появляется в результате возникновения над источником тепла (калорифером) свободной плоской конвективной струи (рис. 2). Автор теории свободных конвективных струй является Г.Н. Абрамович [10, 11, 12].

В конвективной струе различают три участка: разгонный ABFE, переходный BCGF и основной DCGH.

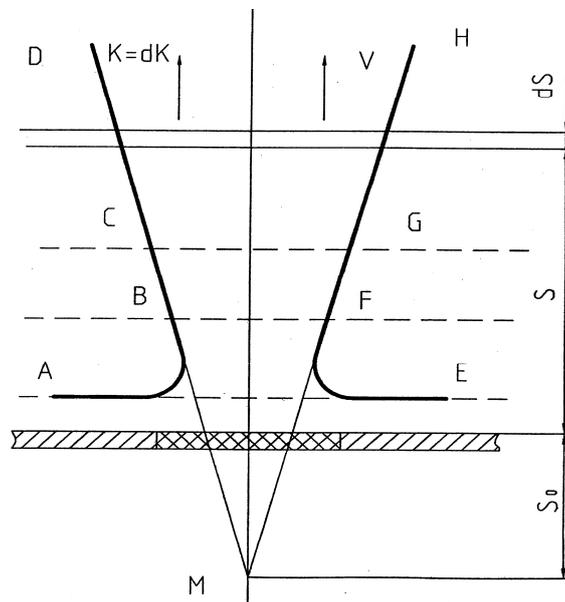


Рисунок 2 – Схема свободной конвективной струи

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:

$$dK = - dR_a, \quad (4)$$

где K – количество движения, проходящего через сечение, удаленное на расстоянии S от источника тепла;

R_a – архимедова сила.

Средняя скорость в поперечном сечении струи:

$$V_{cp} = \sqrt{\frac{K}{0,44 \beta \rho_1 (S - S_0)}}, \text{ м/с} \quad (5)$$

где β – коэффициент Буссинеска, м·с;

$\rho = \rho_1$ – плотность окружающего струю воздуха, кг/м³;

$S_0 = -2 B_0$ – абсцисса полюса струи;

B_0 – полуширина струи в сечении АЕ.

После преобразований выражение для определения средней скорости струи приобретает вид:

$$V_{cp} = \sqrt[3]{\frac{g Q_0}{0,44 c \beta \beta_{\Delta t} \rho_1 T_1}}. \quad (6)$$

где T_1 – абсолютная температура нагревателя, °К;

c – теплоемкость воздуха, кДж/кг·°С;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$, – ускорение свободного падения;

Q – линейная тепловая мощность калорифера, кВт/м;

$\beta_{\Delta t}$ – температурный аналог коэффициента Буссинеска, с⁻¹.

Согласно [13] потеря давления в воздуховоде произвольного сечения:

$$\Delta P = \lambda \frac{Pl}{4F} \cdot \frac{\rho V_{cp}^2}{2}, \text{ н/м}^2 \quad (7)$$

где λ – коэффициент сопротивления трения;

l – длина воздуховода, м;

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

V_{cp} – средняя скорость воздуха, м/с;

P – периметр воздуховода, м;

F – площадь сечения воздуховода, м².

Для штабеля:

$$\Delta P_{шт} = \lambda S_{шт} \frac{h_{шт} \rho V_{cp}^2}{2 d_{\text{экв}}}, \text{ Н} \quad (8)$$

где $h_{шт}$ – высота штабеля;

$$S_{шт} = \frac{b \cdot B_{шт} \cdot L_{шт}}{S_d + b}, \text{ м}^2 \text{ – суммарная площадь воздушных каналов}$$

штабеля, м²;

$B_{шт}, L_{шт}$ – ширина и длина штабеля, м;

S_d – толщина доски, м;

b – толщина прокладки, м;

$$d_{\text{экв}} = \frac{2ab}{a + b}, \text{ м};$$

a – расстояние между прокладками, м.

Процесс циркуляции в установившемся режиме может быть описан следующим уравнением баланса:

$$\Sigma P_n = \Delta P_{ст} + \Delta P_{дин}, \quad (9)$$

где ΣP_n – суммарные потери напора, Н.

С учетом (1), (3), (6), (8) после преобразований получим:

$$V_u = \sqrt{\frac{S_k \left(Hg \frac{\rho_2 - \rho_1}{2} + \sqrt[3]{\frac{g^2 Q_0^2 (\rho_1 - \rho_2)^3}{12,4 \beta^2 \beta_{\Delta t}^2 c^2 \rho_1^2 T_1^2}} \right)}{S_{шт} \left(\frac{\rho_1 + \rho_2}{4} + \frac{\lambda \rho_1 h_{шт}}{2 d_{экв}} \right)}}, \text{ м/с} \quad (10)$$

Если принять $\rho_1 = 0,878 \text{ кг/м}^3$, $\rho_2 = 0,909 \text{ кг/м}^3$, $T_1 = 353 \text{ }^\circ\text{C}$, $H = 3 \text{ м}$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, $Q_0 = 10 \text{ кВт/м}$, $c = 1 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$, $h_{шт} = 2,5 \text{ м}$, $\lambda = 0,032$, $\beta = 1,56 \text{ м} \cdot \text{с}$, $\beta_{\Delta t} = 1,36 \text{ с}^{-1}$, $d_{экв} = 0,049 \text{ м}$, $S_k = 6 \text{ м}^2$, (значения $S_{шт}$ принимаем по [3]), то получим следующие значения скорости циркуляции (табл.).

Таблица – 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

Данные табл. 1 показывают, что при выбранной конструкции штабеля [9] скорость циркуляции:

- существенно выше распространенных в литературе 0,2 м/с;
- определяется, главным образом, толщиной пиломатериалов, подвергающихся сушке (при постоянной толщине прокладок и линейной мощности нагревателя).

Выводы

Разработана методика расчета параметров процесса естественной циркуляции агента сушки с учетом статической и динамической составляющих теплового напора, а также влияния параметров штабеля пиломатериалов на коэффициент его аэродинамического сопротивления.

Библиографический список

1. Камеры СПК-12: Начало положено // Дерево RU. – 2006. – № 3. – С. 62 -63.
2. Шишкина Е.Е. Сушка пиломатериалов в камерах малой мощности с естественной циркуляцией воздуха: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Шишкина Елена Евгеньевна. – СПб.: СПбЛТА им. С.М. Кирова. – 2006.
3. Селюгин Н.С. Сушка древесины / Н.С. Селюгин. М.-Л., Гослестехиздат, 1949.

4. Кречетов Н.В. Сушка древесины / И.В. Кречетов. – М. – Л.: Гослесбумиздат. – 1949.
5. Андропова Н.А. Сушка и сушилка для дерева / Н.А. Андропова. – М.: ОНТИ. – 1936.
6. Грум-Гржимайло В.Е. Основы правильной конструкции сушил / В.Е. Грум-Гржимайло // Изв. Горного ин-та – Свердловск. – вып. 7. – 1920.
7. Альтшулер И.С. Расчет сушильных камер для древесины. / И.С. Альтшулер. – М.: Гослесбумиздат. – 1953.
8. Бардин И.П. Элементарная теория построения металлургических печей. / И.П. Бардин, В.Е. Грум-Гржимайло. – М. – Л.: изд. АН СССР, 1949.
9. Агапов В.П., Гороховский А.Г. Устройство для сушки пиломатериалов / Патент РФ на полезную модель № 37815 от 10.05.2004.
10. Абрамович Г.Н. Теория свободной струи и ее приложения. / Г.Н. Абрамович. – Труды ЦАГИ, вып. 293 – М., 1936.
11. Абрамович Г.Н. Турбулентные свободные струи жидкостей и газов. / Г.Н. Абрамович. – Труды ЦАГИ, вып. 512 – М., 1940.
12. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. / Г.Н. Абрамович. – М.: Физматиздат, 1960.
13. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. / В.Н. Талиев. – М.: Стройиздат, 1979.

Глухих В.Н. (СПБГЛТА, г. Санкт-Петербург, РФ)

УПРУГАЯ ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ПОПЕРЕК ВОЛОКОН С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПИИ ДРЕВЕСИНЫ

THE ELASTIC DEFORMATION ACROSS FIBRES IN VIEW OF WOOD ANISOTROPY

Упругая деформативность древесины характеризуется величиной обратной модулю упругости и изменяется в зависимости от угла наклона годичного слоя к пласти доски.

Для хвойных и лиственных пород анизотропия деформативности поперек волокон очень велика, но характер изменения упругих постоянных по сечению примерно одинаковый. Это проанализировано в работах Е.К. Ашкенази [1], [2], А.Н. Митинского [9], Н.Л. Леонтьева [7], С.Г. Лехницкого [8] и др. Использование полученных в работах [1], [8], [9] формул для вычисления постоянных упругости затруднено из-за применения ряда экспериментально определяемых величин, несовершенство методики исследования которых признают и сами авторы. К этим величинам относятся коэффициенты поперечной деформации, модули сдвига, модуль упругости E_{xy}^{45} .

Получение модуля упругости E_{xy}^{45} теоретическим путем значительно упростило бы задачу исследования деформативности древесины поперек волокон.

Б.Н. Уголев [10] отмечает, что усушка древесины должна рассматриваться как результат деформирования некоторой ячеистой конструкции. При этом упругая анизотропия такой конструкции приобретает большое значение. Наибольшая усушка должна быть в направлении наименьшей жесткости системы и наоборот – наименьшая усушка будет иметь место в направлении наибольшей жесткости. Следовательно, если тангенциальная усушка больше радиальной, модули упругости по этим направлениям должны находиться в обратном соотношении. Это соотношение получено в работе [4] и предполагается, что оно справедливо не только для главных направлений анизотропии, но и для любых направлений поперек волокон:

$$K_r E_r = K_t E_t = K_x E_x \quad (1)$$

где K_r, K_t, E_r, E_t – коэффициенты усушки и модули упругости в главных направлениях анизотропии.

Учитывая известную формулу для коэффициента усушки [6]:

$$K_x = K_t \sin^2 \theta + K_r \cos^2 \theta, \quad (2)$$

а также то обстоятельство, что при линейном деформировании древесины поперек волокон появляются угловая деформация, и наоборот, при сдвиге кроме угловой деформации появляется линейная [1], несложно получить:

$$K_x = K_t \sin^2 \theta + K_r \cos^2 \theta - \frac{K_r - K_t}{2} \sin 2\theta. \quad (3)$$

Тогда из (1) можно записать:

$$E_x = E_t \frac{K_t}{K_x}. \quad (4)$$

Из (4) с учетом (3) можно вычислить E_{xy}^{45} :

$$E_{xy}^{45} = E_t. \quad (5)$$

Таким образом, при угле наклона годичного слоя 45° модуль упругости в направлении оси X равен модулю упругости в тангенциальном направлении.

В формуле для модуля упругости [1], [8]

$$\frac{1}{E_x} = \frac{\cos^4 \theta}{E_r} + \frac{\sin^4 \theta}{E_t} + \left(\frac{4}{E_{xy}^{45}} - \frac{1}{E_r} - \frac{1}{E_t} \right) \cos^2 \theta \sin^2 \theta$$

заменяем из (5) E_{xy}^{45} и получим:

$$\frac{1}{E_x} = \frac{\cos^4 \theta}{E_r} + \frac{\sin^4 \theta}{E_t} + \frac{3 - \alpha^2}{E_t} \sin^2 \theta \cos^2 \theta, \quad (6)$$

где $\alpha^2 = E_t / E_r$.

Таким образом, в формуле с коэффициентом Пуассона и модулем сдвига [1], [8]

$$\frac{1}{E_x} = \frac{\cos^4 \theta}{E_r} + \frac{\sin^4 \theta}{E_t} + \left(\frac{1}{G_{rt}} - \frac{2\mu_{rt}}{E_r} \right) \sin^2 \theta \cos^2 \theta$$

круглая скобка может быть заменена

$$\frac{1}{G_{rt}} - \frac{2\mu_{rt}}{E_r} = \frac{3 - \alpha^2}{E_t}, \text{ или} \quad (7)$$

$$E_t \left(\frac{1}{G_{rt}} - \frac{2\mu_{rt}}{E_r} \right) = 3 - \alpha^2. \quad (8)$$

Точно такое же соотношение, как и в (8), получено при решении дифференциального уравнения [5], что лишний раз подтверждает правильность уравнений (1), (3).

Функция модуля упругости E_x из (6) приобретет экстремальные значения при $\theta = 0$, $\theta = 90^\circ$, $\theta = 60^\circ$. Причем, последнее значение есть минимум модуля упругости E_x^{\min} (рис. 1):

$$E_x^{\min} = \frac{8E_t}{9 - \alpha^2}. \quad (9)$$

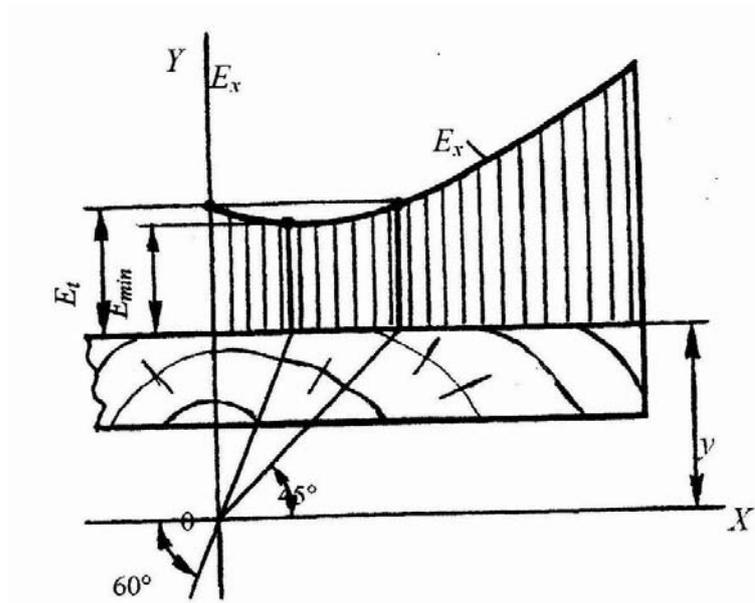


Рисунок 1 – Изменение модуля упругости по ширине пласти доски

Для исследования деформативности пиломатериалов прямоугольных сечений удобнее использовать функцию (6) в декартовых координатах:

$$\frac{1}{E_x} = \frac{\alpha^2 x^4 + (3 - \alpha^2)x^2 y^2 + y^4}{E_t (x^2 + y^2)^2}. \quad (10)$$

Анализируя результаты расчетов по формуле (10), можно видеть, что у досок с осью симметрии сечения, совпадающей с осью Y , наименьшая деформативность имеет место посередине пласти (рис. 2). От середины к краям пласти деформативность возрастает, достигает наибольшего значения и затем снижается, стремясь в пределе к обратной величине модуля упругости в радиальном направлении.

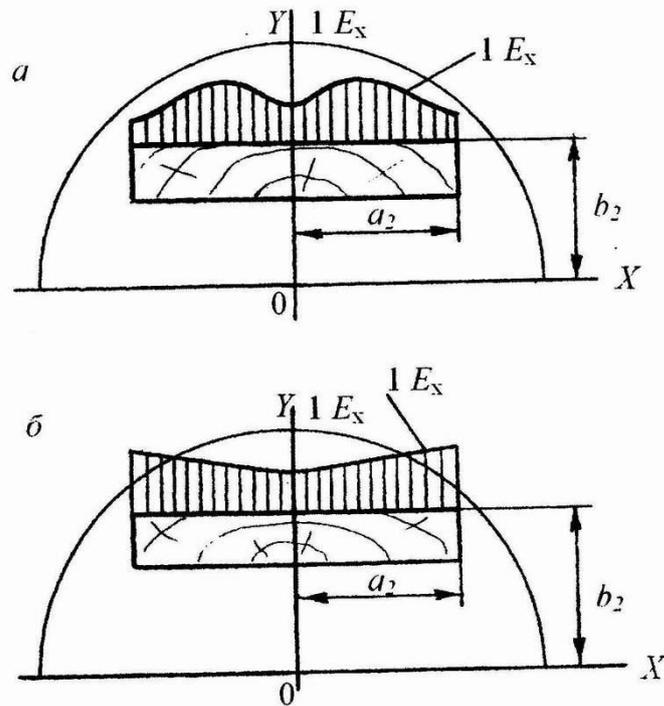


Рисунок 2 – Деформативность по ширине пласти досок:
а – промежуточного расположения; б – тангенциальных

Учитывая, что в точках посередине пласти возникают наибольшие напряжения (при сушке, при механических воздействиях в результате предотвращения поперечного коробления, при действии прижимных валцов в станке на доски с поперечным короблением и т.д.), существует реальная опасность появления в этих местах трещин.

Деформативность радиальных досок по ширине пласти изменяется незаметно, исключая узкую локальную область, прилегающую к оси Y . По пласти тангенциальных досок деформативность также изменяется незаметно (рис. 3).

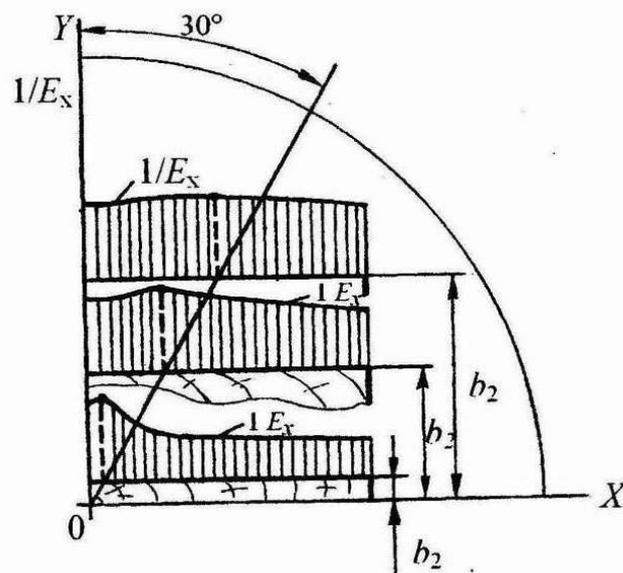


Рисунок 3 – Расположение точки максимума на кривой деформативности с удалениями доски от центра бревна

По пласти полурадиальных досок деформативность изменяется от наименьших значений по краям до максимального в середине. Именно это, а также несколько более высокая прочность на растяжение в радиальном направлении по сравнению с тангенциальным, обеспечивает отсутствие пластевых трещин при высушивании.

Поэтому для пиломатериалов, предназначенных к высушиванию, необходимо при составлении плана раскроя бревен сделать так, чтобы наибольшая деформативность была в средней части пласти доски. Кривая деформативности должна быть обращена своей выпуклостью вверх.

Выводы:

1. При переходе от радиального направления к тангенциальному модуль упругости E_x принимает минимальное значение при угле наклона годичного кольца к пласти доски 30° .

При значении этого угла 45° модуль упругости E_x равен модулю упругости в тангенциальном направлении.

2. Изложенная методика определения наибольшей деформативности доски поперек волокон позволит проанализировать любую схему раскроя бревна по этому критерию.

3. Использование полученных результатов позволит планировать уже на стадии составления схемы раскроя бревна качество сушки пиломатериалов по остаточным напряжениям и пластевым трещинам.

Библиографический список

1. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов. М.: Лесная промышленность, 1978. 223 с.
2. Ашкенази Е.К., Ганов Э.В. Анизотропия конструкционных материалов: Справочник. М.: Машиностроение, 1980. 247 с.
3. Глухих В.Н. Применение полиномов к решению задач для цилиндрически анизотропного тела // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. СПб, ЛТА. 2001. С. 126-131.
4. Глухих В.Н. О возможной взаимосвязи постоянных упругости и коэффициентов усушки древесины // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. СПб, ЛТА. 2002. С. 124-128.
5. Глухих В.Н. О соотношении постоянных упругости древесины как цилиндрически анизотропного тела // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. СПб, ЛТА. 2003. С. 162-166.
6. Куликов Н.П. Усушка древесины в зависимости от направления относительно главных осей. Труды ЛТА, 1938. №51.
7. Леонтьев Н.Л. Упругие деформации древесины. М.-Л.: ГЛБИ, 1952. 117 с.
8. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977. 415 с.
9. Митинский А.Н. Упругие постоянные древесины как ортотропного материала // Труды ЛТА им. С.М. Кирова / ЛТА. 1958. №63. С. 22-54.
10. Уголев Б.Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке. М.: Лесная промышленность, 1977. С. 174.

ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВОДОРАСТВОРИМЫМИ АНТИСЕПТИКАМИ

THE INTENSIFICATION WAYS OF TIMBER IMPREGNATION PROCESS WITH WATERDISSOLVED ANTISEPTICS

Одной из наиболее важных задач эффективного использования лесных ресурсов является повышение срока службы объектов, выполненных из древесины и древесных материалов. Бурное развитие строительной индустрии способствует повышению интереса потребителей к данной проблеме, предъявляя высокие требования не только к эффективности защитных средств, но и к качеству процесса пропитки древесины. Решение этой задачи имеет огромное народохозяйственное значение и теснейшим образом связано с охраной окружающей среды, безопасностью людей и экономией общественно-полезного труда. Кроме того, технологический процесс, обеспечивающий необходимый уровень био- и огнезащиты древесины должен отличаться низкой энергоемкостью, высокой производительностью, универсальностью и экологичностью. Автоклавные способы пропитки отвечают всем этим требованиям.

Введение защитных средств в древесину возможно с помощью ставших уже классическими способами ВДВ, который также называется способом полного поглощения или импрегнирования; ДДВ (способ ограниченного поглощения, или Лоури) и способ ДВ (способ полуограниченного поглощения, или Рюпинга). Все разновидности автоклавной пропитки основываются на создании значительного перепада давления (до 1,5 МПа) за счет создания в автоклаве то разряжения, то повышенного давления пропиточного раствора. Каждый из них отличается своим набором положительных и отрицательных моментов.

С целью сокращения времени пропитки, а также снижения энергозатрат процесса введения в древесину водорастворимых защитных препаратов целесообразно применять способ «Вакуум-давление».

Учитывая то обстоятельство, что пропитку проводят после механической обработки древесины, когда пиленные материалы состоят либо только из ядровой древесины (трудно пропитываемой зоны), либо она в них составляет основной объем, необходимо разработать приемы, позволяющие повысить пропитываемость такой древесины.

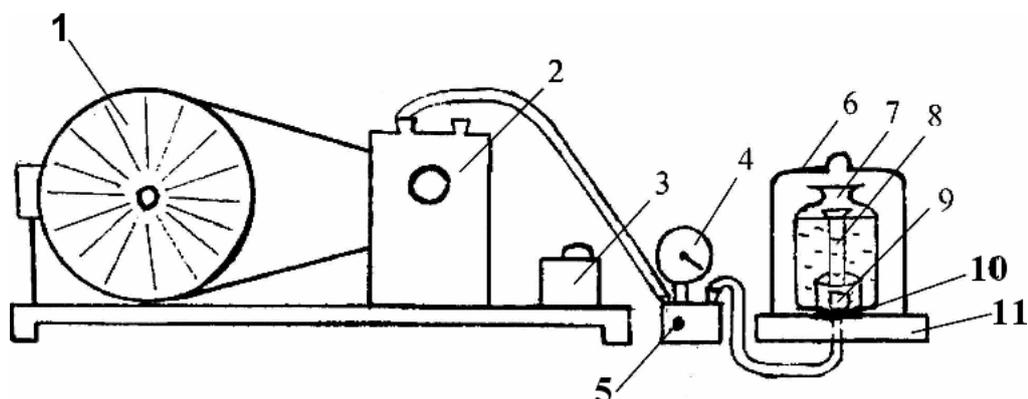
Расчеты, выполненные Ермолиным В.Н.[1], показали, что проницаемость древесины повышается при сравнительно малых амплитудах изменения давления, когда применяются переменные нагрузки значительно меньших величин, чем предел прочности при статическом нагружении.

Сухая древесина на 2/3 состоит из воздуха. Поэтому в начальный период пропитки, когда полости клеток еще мало заняты пропиточной жидкостью, защемленный в полостях клеток воздух является своеобразным демпфером, и применение переменного давления становится неэффективным. Подтверждением этого предположения явились результаты исследований по использованию электрогидравлических ударов для пропитки, проведенных Калачевым Г.П.[2].

На первоначальной стадии режима, применяемого при способе ДДВ введения защитных растворов в труднопропитываемую древесину, повышенное гидродавление сжимает заземленный в полостях клеток воздух и «заставляет его работать» как упругое тело. Затем за счет серии импульсов еще большего гидродавления обеспечивается проникновение раствора защитного препарата в древесину на значительную глубину. Однако вследствие возникающей компрессии заземленного воздуха защитные вещества не удерживаются в древесине полностью, а выдавливаются сжатым воздухом после того, как внешнее гидродавление снимается. Весь же процесс отличается высоким энергопотреблением.

Следует полагать, что удаление воздуха из древесины будет более эффективным средством. Причем воздух можно удалить таким образом, чтобы повысить проницаемость древесного материала. Это становится возможным в случае применения импульсного режима обработки, при котором практически мгновенно создается разрежение.

Получено экспериментальное подтверждение выдвигаемой гипотезы. Для опытов была использована экспериментальная установка, схема которой приведена на рисунке 1. В первой части опыта разрежение глубиной 0,08 МПа создавалось постепенно. При этом за первые 11 мин воздух выходил из древесины достаточно интенсивно, затем скорость существенно снизилась. Выделение воздуха из древесины продолжалось более суток с убывающей интенсивностью.



1 – электродвигатель; 2 – масляный вакуумный насос; 3 – ёмкость для воды, которая вытекает из насоса; 4 – вакуумметр; 5 – вентиль; 6 – колпак; 7 – сосуд; 8 – мензурка без дна; 9 – образец; 10 – подставка; 11 – основание

Рисунок 1 – Установка для измерения удаленного из образцов воздуха

Вторая часть эксперимента заключалась в том, что разрежение создавалось практически мгновенно (за несколько секунд). Выделение воздуха из древесины происходило настолько интенсивно, что напоминало на начальной стадии пневмовзрыв. Высокая интенсивность процесса сохранялась в течение одной минуты. Затем процесс замедлялся и происходил аналогично тому, что и на втором этапе первого эксперимента. При повторном создании «мгновенного» вакуума вышеописанный процесс повторялся и проходил достаточно активно.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод о том, что импульсный режим автоклавной пропитки водорастворимыми антисептиками является

эффективным способом насыщения древесины защитным препаратом. Скоротечное создание разряжения в камере, своего рода «мгновенного» вакуума, обеспечивает не только быстрое удаление воздуха из структурных полостей в поверхностных слоях древесины, но и существенно повышает ее проницаемость (см. табл.).

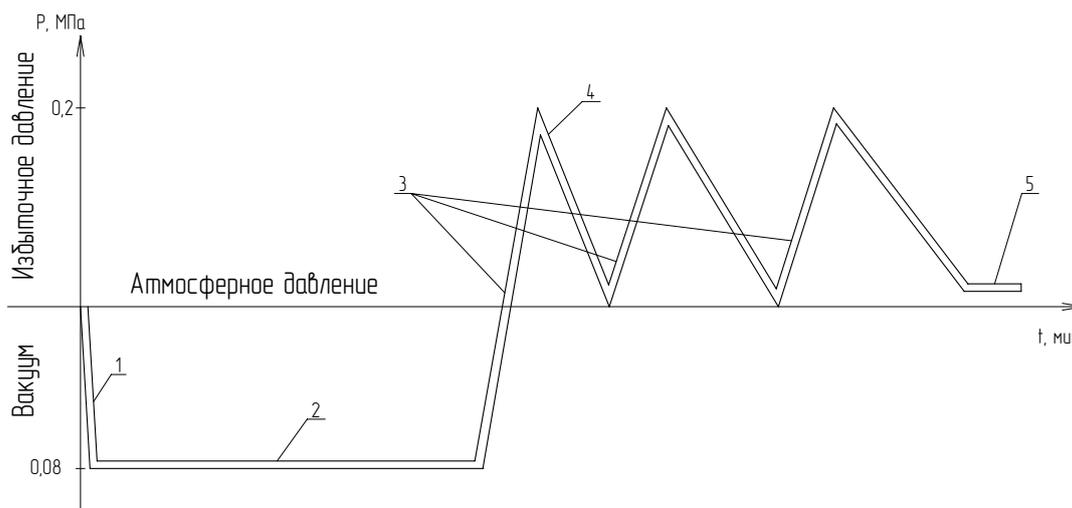
Таблица – Величина поглощения водорастворимого антисептика УЛТАН образцами из труднопропитываемой древесины ели, кг/м³

Параметры эксперимента	Продолжительность выдержки под вакуумом, мин.		
	5	10	20
Постепенное создание вакуума (в течение 10 мин)	2,68	3,06	3,07
«Мгновенное» создание вакуума (в течение 10 сек)	7,52	9,30	12,85

При постепенном создании разряжения процесс удаления воздуха проходит менее интенсивно, вероятно, в силу того обстоятельства, что нагрузки создаются небольшие, которые не способны повысить проницаемость пор в клетках древесины. Аналогичные процессы проходят и при стабилизации воздействия нагрузок.

Для повышения способности древесины интенсивно поглощать водорастворимые препараты необходимо чередование переменных нагрузок с выдержкой древесины при статическом давлении среды.

С целью более глубокого продвижения пропиточного раствора необходимо применить переменные нагрузки в виде циклического гидродавления, что позволит исключить закрытие входов в поровые камеры торусами. Кроме того, давление жидкости величиной 0,2...0,3 МПа не способно спровоцировать компрессию защемленного в полостях клеток воздуха, что снимает необходимость в проведении операции повторного вакуумирования древесины для подсушки ее поверхности. График предлагаемого режима пропитки приводится на рисунке 2.



1 – создание вакуума, 2 – выдержка древесины в вакууме, 3 – создание гидродавления, 4 – сброс гидродавления до атмосферного, 5 – выгрузка образцов, удаление раствора

Рисунок 2 – График режима пропитки

Как показали опытные пропитки, требуемое качество консервирования древесины достигается уже при сокращении всего процесса пропитки до 1 часа при энергопотреблении в 1 кВт/м³.

Данный режим возможно осуществить на установке Уральского лесотехнического института (полезная модель 17885).

Библиографический список

1. Ермолин В.Н. Основы повышения проницаемости жидкостями древесины хвойных пород: Монография. – Красноярск, СибГТУ, 1999, 100 с.
2. Калачев Г.П. «Исследование процесса и разработка технологии пропитки древесины с использованием импульсных колебаний»: Дис.к.т.н. – М.: МЛТИ, 1980. – 180с.
3. Патент РФ 2 011 511 Способ пропитки пористых тел.

Новоселов В.Г., Агафонов О.Ю. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

vgnov@usfeu.ru

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛЕСОПИЛЕНИЯ ПО КРИТЕРИЮ «ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ»

THE TECHNOLOGICAL SYSTEM RELIABILITY INCREASING OF WOOD SAWING BY CRITERION «PRODUCTIVITY»

В соответствии с ГОСТ 27.004-85 [1] под технологической системой лесопиления понимается совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения (лесопильное и околостаночное оборудование), предметов производства (обрабатываемые лесоматериалы) и исполнителей (станочников, помощников), выполняющих в регламентированных условиях производства заданную технологическую операцию – получение пиломатериалов из пиловочного сырья. Одним из важнейших критериев надежности технологической системы по ГОСТ 27.204-83 [2] является производительность. В качестве параметра принимается номинальная производительность - количество продукции изготовляемой в единицу времени. Например, для проходных станков она определяется по формуле [3]

$$Q = (V_s T i K_n K_u) / (L i_n),$$

где V_s – скорость подачи, м/мин; T – продолжительность периода, за который определяется производительность, мин; i – количество одновременно обрабатываемых деталей; K_n – коэффициент производительности станка; K_u – коэффициент использования станка; L – длина детали, м; i_n – число проходов для полной обработки одной детали.

Несмотря на массивную рекламу и экспансию на отечественном рынке лесопильного оборудования круглопильных и ленточнопильных станков, наиболее эффективными для массового производства пиломатериалов, как показано в работе [4],

остаются лесопильные рамы. Основной их недостаток – высокую виброактивность – удалось устранить в полностью уравновешенных бесшатунных механизмах резания. Другим, технологическим, их недостатком остается относительно невысокая скорость подачи V_x в сравнении с конкурирующими типами оборудования, и, хотя приведенная к одной пиле производительность формообразования значительно выше, но большое время обработки одного бревна задает низкую ритмичность всего последующего технологического процесса. Рост скорости подачи возможен как за счет частоты вращения коренного вала n , так и величины посылки S_{2x} , зависящей от максимально допустимой подачи на зуб пилы S_z

$$V_x = 10^{-3} S_{2x} n, \quad (1)$$

$$S_{2x} = S_z \frac{H}{t}, \quad (2)$$

где H – ход пильной рамки, мм; t – шаг зубьев пилы, мм.

Частота вращения коренного вала ограничена прочностью и долговечностью деталей механизма резания, подверженных действию значительных инерционных нагрузок, возрастающих пропорционально квадрату скорости. Посылка же ограничивается целым рядом факторов.

Проведенные по методике [5] расчеты показали, что, например, для лесопильной рамы Р63-4 при распиловке бревен хвойных пород около 70% массива посылок ограничены работоспособностью впадины зуба, около 10% - сцеплением вальцов механизма подачи с древесиной и 15% – мощностью привода механизма резания, и только 5% – качеством обработки. При распиловке бруса массив допустимых посылок ограничивается качеством пиломатериалов примерно на 20%, работоспособностью впадин зубьев - на 30% и мощностью привода механизма резания - на 50%. Прочие факторы – прочность и устойчивость пил, мощность механизма подачи - при заданных условиях не наложили своих ограничений.

Следовательно, имеется резерв повышения надежности технологической системы лесопиления по критерию «производительность» (скорость подачи) путем максимального приближения всего массива посылок к пределу, ограничиваемому качеством обработки. При этом необходимо производить проверку достаточности мощности привода механизма подачи, прочности пил и их устойчивости в пропилах. То есть, мы имеем оптимизационную задачу с целевой функцией и переменными, на которые наложены ограничения. Решение данной задачи известно, например в [6], где в качестве целевой функции принята производительность в m^3 и в качестве управляемых переменных процесса - толщина, шаг зубьев и жесткость при кручении пилы; длина пути резания резца в древесине; величина подачи на зуб пилы.

Несколько упростив и видоизменив задачу, примем в качестве целевой функции накопленную разность Δ между соответствующими элементами матрицы посылок по качеству S_{2x1j} и матрицы расчетных посылок S_{2xpj} – минимальных из посылок по всем критериям при заданных условиях распиловки (порода, состояние древесины, высота пропила, количество пил)

$$\Delta = \sum_{j=1}^n (S_{2x1j} - S_{2xpj}) \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$S_{2xpj} = \min \{S_{2xij}\}, \quad (4)$$

где S_{2xij} – j -тый элемент матрицы посылок по i -тому критерию.

Учитывая поставленную задачу повышения производительности, снимем ограничения посылок, связанные с конструктивными факторами: мощностью приводов механизмов резания и подачи, сцеплением подающих вальцов с древесиной, которые могут быть повышены за счет применения более мощных двигателей, а также более глубокого рифления подающих вальцов и дополнительного их прижима. Оставим среди переменных целевой функции только факторы, определяемые непосредственно процессом резания: качество пиломатериалов, работоспособность впадин зубьев, прочность и устойчивость пил. В качестве управляемых переменных примем: шаг зубьев пил t , высоту пропила h , количество пил в поставе N .

Посылка по качеству пиломатериалов S_{2x1j} определяется по формуле (2) при максимальной подаче на зуб по шероховатости поверхности $S_{z1} = 2,0$ мм (при $R_z=1000$ мкм).

Подача на зуб по работоспособности впадины зуба определяется по формуле

$$S_{z2} = t^2 / (kh_{\max}), \quad (5)$$

где t – шаг зубьев пилы; k – коэффициент, зависящий от соотношения высоты пропила h_{\max} и хода пильной рамки H : при $h_{\max} < H-50$ $k=1,8$; при $h_{\max} \geq H-50$ $k=3,6$. Расчет посылки S_{2i2j} также ведется аналогично по формуле (2).

Подача на зуб по прочности зубьев пил S_{z3} при распиловке хвойных пород составляет около 2,4 мм, что превышает подачу по качеству, то есть этот фактор не является ограничивающим посылку S_{2x3j} .

Посылка по устойчивости пил определяется из соотношения

$$F_{x\max} \leq 0,8F_{кр}, \quad (6)$$

где $F_{x\max}$ – максимальное значение силы отбоя, приходящееся на одну пилу. По данным исследований сил резания непосредственно на лесопильной раме Р63-4А [7] выведена зависимость

$$F_{x\max} N = 0,61S_{2x4j} h N, \quad (7)$$

где N – количество пил в поставе.

$F_{кр}$ – критическая сила по устойчивости плоской формы изгиба пилы в плоскости наибольшей жесткости [5]

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 F_0}{l_0} \left(\frac{B}{12} + \frac{C}{F_0 B} \right), \quad (8)$$

где F_0 – натяжение полотна пилы; l_0 – свободная длина пилы; B – ширина полотна пилы без зубьев; C – крутильная жесткость пилы, $C = GBS^3/3$, G – модуль сдвига, s – толщина пилы. Совместное решение (6) и (7) дает

$$S_{2x4j} \leq 1,3 \frac{\pi^2 F_0}{hl_0} \left(\frac{B}{12} + \frac{C}{F_0 B} \right). \quad (9)$$

Анализ расчетов по приведенным зависимостям показывает, что с увеличением шага зубьев с 18 до 40 мм посылка по качеству снижается обратно пропорционально,

уменьшаясь примерно в 2,2, раза вне зависимости от высоты пропила. Посылка по работоспособности впадин зубьев увеличивается тем интенсивнее, чем меньше высота пропила. Посылка по устойчивости пил не зависит от шага зубьев и обратно пропорционально уменьшается с высотой пропила. На диаграмме (рисунок) показана зависимость расчетной посылки (4) от величины шага зубьев пилы и высоты пропила при совместных ограничениях, наложенных требованиями по шероховатости, работоспособности впадин зубьев и устойчивости пил.

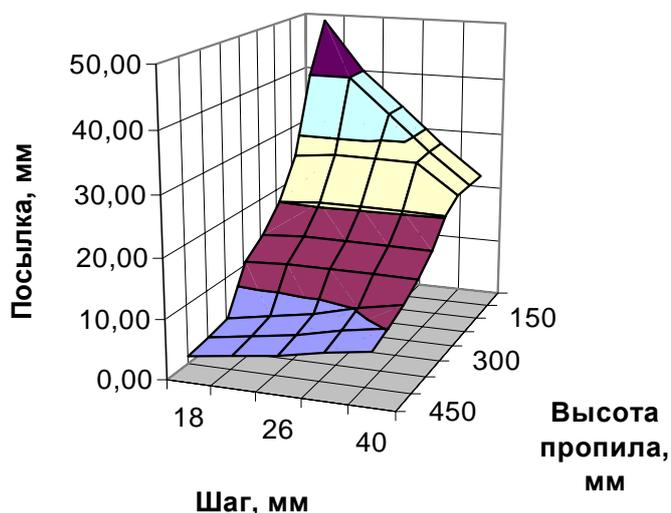


Рисунок 1 – Расчетные посылки

чениям позволяет увеличить их расчетные технические значения в среднем на 10%, а на форсированных режимах - и до 40%.

Проведенными в УГЛТУ под руководством профессора Л.А.Шабалина исследованиями [7,8] обоснована возможность, разработаны соответствующие предложения и технические решения [9,10] осуществление которых, при незначительных конструктивных доработках, позволяет повысить частоту вращения коленчатого вала без ущерба для прочности основных деталей механизма резания еще на 10% (до $n=310 \text{ мин}^{-1}$).

Таким образом, имеется реальный резерв повышения производительности лесопильной рамы в среднем на 20%. Это потребует увеличения мощности главного привода, ограниченной в настоящее время тяговой способностью ременной передачи. Ее рост возможен за счет изменения схемы привода согласно авторскому свидетельству [10]. Оно предполагает передачу вращения на коренной вал по параллельным потокам: через два выходных конца вала двигателя два шкива и два комплекта приводных ремней. Это позволит повысить передаваемую мощность до 2 раз и улучшить синхронизацию вращения маховиков коренного вала, разгрузив его от действия вращающего момента. Аналогичное решение может быть принято и для двухэтажных лесопильных рам.

Библиографический список

1. ГОСТ 27.004-85 Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. [Текст]. Взамен ГОСТ 22954-78; введ. 1986-07-01. М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 2002. 18 с.

Вычисление целевой функции (3) показало, что ее минимальное значение в рассмотренном диапазоне соответствует шагу зубьев 40 мм. При этом доля массива посылок ограничиваемых по качеству увеличилась на четверть, составив 25%. Аналогично до 38 % увеличилась доля посылок, назначаемых по работоспособности впадин зубьев пил. Остальные посылки лимитированы устойчивостью пил.

Приближение всего массива посылок к предельным значениям

2. ГОСТ 27.204-83. Надежность в технике. Технологические системы. Технические требования к методам оценки надежности по параметрам производительности. [Текст]. Введ. 1985-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 37 с.
3. Глебов И.Т. Справочник по резанию древесины. Учебное пособие/ И.Т.Глебов, В.Г.Новоселов, Л.Г. Швамм. [Текст]. - Екатеринбург: РИО УГЛТА, 1999. – 190 с.
4. Новоселов В.Г. Совершенствование критерия оптимальности решений по выбору технологического оборудования/ В.Г.Новоселов, А.И.Кузнецов [Текст].- Деревообрабатывающая промышленность, 2006, №4, С.5-7.
5. Технические предложения по повышению производительности лесопильной рамы Р63-4А.: Отчет о НИР (промежут.) / МВиССО РСФСР. УЛТИ; Руководитель Шабалин Л.А. – Шифр темы 26/81, № ГР 81036440. – Свердловск, 1982.
6. Пижурин А.А. Оптимизация технологических процессов деревообработки. – М.: Лесная пром-сть, 1975. -312 с.
7. Виноградов В.Ф., Шабалин Л.А., Сорокин В.И., Смирнов В.И.Силы резания в лесопильной раме Р63-4А /Экспресс-информация НИИМАШ. Деревообрабатывающее оборудование. 1980, №11.
8. Исследование напряженного состояния и нагруженности деталей лесопильной рамы Р63-4 с целью повышения ее надежности: Отчет о НИР (заключ.) / МВиССО РСФСР. УЛТИ; Руководитель Шабалин Л.А. – Шифр темы 14/76, № ГР 76028435. – Свердловск, 1980.
9. А.с.939183 СССР МКл³ В27В 3/12. Шатун лесопильной рамы/ Шабалин Л.А., Кучумов Е.Г., Новоселов В.Г., Виноградов В.Ф./СССР/. - Заявл.13.01.81; Опубл. 30.06.82, Бюл. № 2// Описание изобретения. – 2с.
10. А.с.№1391882 СССР МКл⁴ В27В 3/12. Привод лесопильной рамы/ Шабалин Л.А., Головачев А.П., Диев Л.В., Новоселов В.Г./СССР/. - Заявл.01.07.86; Опубл. 30.04.88, Бюл. № 16//Описание изобретения. – 3 с.

Полякова Т.В., Новоселов В.Г. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

**КРИТЕРИИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ДЕРЕВООБРАБОТКИ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ
КАЧЕСТВА «ТОЧНОСТЬ»**

***THE DEFINITION MEANS OF WOODWORKING TECHNOLOGY
SYSTEMS RELIABILITY ON THE QUALITY INDEX "ACCURACY".
CRITERIA, METHODS AND MEANS***

В соответствии с ГОСТ 27.004-85 [1] технологическая система представляет собой совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций. В дерево-

обработке средством технологического оснащения является деревообрабатывающий станок с инструментом, оснасткой и околостаночным оборудованием, предметом производства – деревянная заготовка и исполнителем – станочник по деревообработке.

Работоспособным является такое состояние технологической системы, при котором значение всех параметров и (или) показателей качества изготавливаемой продукции, производительности, материальных и стоимостных затрат на изготовление продукции соответствуют требованиям, установленным в нормативно-технической и (или) конструкторской и технологической документации.

Если функционирование технологической системы сохраняется, но происходит выход значений одного или нескольких параметров технологического процесса за пределы, установленные в нормативно-технической и (или) конструкторской и технологической документации возникает параметрический отказ.

В результате выхода значения хотя бы одного параметра или показателя качества изготавливаемой продукции за пределы, установленные требованиями нормативно-технической документации, наступает отказ технологической системы по параметрам продукции.

Одним из основных показателей качества изготавливаемой продукции по ГОСТ 27.202-83 [2] с точки зрения надежности технологической системы по параметрам продукции является точность.

Принято различать геометрическую и технологическую точность.

Геометрическая точность деревообрабатывающего оборудования характеризуется погрешностями его отдельных элементов (деталей) и ошибками их взаимного перемещения и расположения.

Исследования показали, что погрешности обработки в результате геометрических ошибок машины в общем балансе не являются доминирующими и составляют 20...25%. Поэтому выход машины за нормы геометрической точности не всегда приводит к потере ею качественных характеристик обработки. Тем не менее снижение геометрической точности, обусловленное износными и другими вредными медленно протекающими процессами, приводит к изменению траекторий движения исполнительных органов оборудования (или заготовок при подвижном базировании) от расчетных законов движения и является источником дополнительных динамических возмущений, что не может не сказаться на точностных показателях обработки.

Геометрические погрешности проявляются в форме неровности поверхности или непрямолинейности траекторий перемещения, непараллельности относительного положения частей машины или их перемещений, неперпендикулярности относительного положения частей направления их перемещений, несоосности, линейного смещения; уровня перемещающейся части, биения (радиального и торцового), смещения частей при радиальных, осевых и поперечных зазорах в направляющих..

К основным показателям геометрической точности оборудования относятся геометрическая точность баз для установки заготовки и инструмента: геометрическая точность траекторий перемещений рабочих органов машины, несущих заготовку и инструмент; точность расположения осей вращения и направлений прямолинейных перемещений рабочих органов, несущих заготовку и инструмент относительно друг друга и относительно баз; точность взаимосвязанных относительно перемещений рабочих органов машины и точность делительных и установочных перемещений рабочих органов машины, несущих заготовку и инструмент; точ-

ность координатных перемещений (позиционирования) рабочих органов машины, несущих заготовку и инструмент.

Геометрическая точность регламентируется нормами точности, которые для большинства машин стандартизированы.

Технологической называют точность, с которой детали обрабатываются на данной машине. Она характеризуется величиной фактической погрешности размеров и формы по сравнению с заданными чертежами. Технологическая точность должна обеспечить установленный уровень взаимозаменяемости при сборке, заданную точность изделия и экономическую эффективность обработки.

При оценке технологической точности детали следует различать точность выполнения размеров, точность формы поверхностей и взаимное расположение поверхностей. Точность выполнения размеров регламентируется ГОСТ 6449.1-82[3], согласно которому мерой точности размера принят квалитет. Для деталей из дерева и древесных материалов приняты девять квалитетов с 10 по 18 и система отверстий. Числовые значения допусков, как разностей между наибольшим и наименьшим предельными размерами, для всех девяти квалитетов приведены в справочном приложении к стандарту.

Точность каждого параметра детали является результатом действия множества различных факторов, относящихся к станку, инструменту, обрабатываемой заготовке, режиму, средствам измерений и т. д. Размер детали можно рассматривать как случайную величину, которая зависит от систематических и случайных погрешностей обработки.

К систематическим относятся погрешности, величина которых непостоянна или изменяется по определенному закону. Следует различать систематические погрешности за короткий и длительный периоды эксплуатации. В процессе обработки данной партии заготовок они возникают главным образом из-за геометрических погрешностей станка, износа режущего инструмента, погрешности размерной настройки. В течение длительного периода работы причиной появления систематических погрешностей является в первую очередь износ основных формообразующих элементов машины.

К случайным относятся погрешности, появление которых не подчиняется какой-либо установленной закономерности; поэтому нельзя заранее определить их конкретную величину. Они обуславливаются неравномерностью свойств и припусков на заготовках, нестабильностью режима обработки, деформациями и колебаниями в упругой системе станка.

Точность каждого параметра детали является результатом действия множества различных факторов, относящихся к станку, инструменту, обрабатываемой заготовке, и т. д.

Основным, определяющим точность обработки, является фактическое положение плоскости резания. Жесткие режимы эксплуатации приводят к высокой интенсивности изнашивания инструмента и затуплению лезвия. В результате радиус вписанной окружности увеличивается, а ее центр перемещается по биссектрисе угла заточки. Соответственно смещается и поверхность обработки. В результате фактические размеры обработанной детали выходят за пределы соответствующих допусков, происходит отказ и наступает неработоспособное состояние технологической системы по параметру качества продукции «точность».

Физическая модель, описывающая потерю точности в деревообработке по мере износа инструмента, и закономерности возникновения соответствующих отказов при-

ведена в работе [4]. Средняя наработка до отказа T_1 определяется через математические ожидания параметров по формуле

$$T_1 \approx \frac{16,7\bar{d}}{\gamma_{\Delta} n l (e - \varepsilon_0)}, \quad (1)$$

где d – допускаемое отклонение поверхности обработки от ее номинального расположения, мкм; γ_{Δ} – интенсивность изнашивания инструмента мкм/м; n – частота вращения инструмента, мин⁻¹; l – длина дуги контакта инструмента с древесиной, мм; e – вспомогательная величина; ε_0 – относительная остаточная деформация древесины под поверхностью резания.

$$e = \frac{\sin(\alpha + \beta/2)}{\sin(\beta/2)}, \quad (2)$$

где β – угол заострения; α – задний угол лезвия.

$$l = \sqrt{P D_p}, \quad (3)$$

где P – припуск на обработку, слой срезаемого материала; D_p – диаметр окружности резания.

Теоретическое исследование предложенной модели методом численного эксперимента, выполненное в работе [5], позволило выдвинуть гипотезу о том, что наибольшее влияние на наработку до отказа оказывает изменение таких факторов как: допускаемое смещение поверхности обработки; интенсивность изнашивания и припуск на обработку. Коэффициенты регрессии других факторов в рассмотренных диапазонах их варьирования составляют величины второго и выше порядка малости.

Для проверки этой гипотезы необходимо провести экспериментальные исследования.

Определение параметров точности технологических систем операций (процессов) производится на основе статистической обработки результатов измерений партии (выборки) обработанных деталей (ГОСТ 27.202-83). Выборка объемом 50...200 деталей носит название выборки из случайно отобранных деталей, изготовленных при одной или нескольких настройках на одной машине. Результаты замера такой представительной выборки дают уверенность в том, что подсчитанные значения точности действительно отражают техническое состояние машины.

Результаты этих замеров можно затем использовать для определения выборки меньшего объема, которой достаточно для определения точности машины с заданным уровнем достоверности.

Выборка объемом 5...20 деталей, полученных в последовательности их обработки на одной машине, называется мгновенной.

Выборка, состоящая из 10 или более мгновенных выборок, взятых последовательно с одной машины за межнастроечный период или с момента установки нового инструмента до его замены (переточки), называется общей.

Метод мгновенных выборок позволяет оценить изменение точности машины во времени.

Рассеивание размеров деталей при обработке заготовок из древесины, как показывают специальные исследования, с достаточной точностью описывается нормальным законом распределения, которая характеризуется симметричной формой с асимптотическим приближением обеих ветвей к оси абсцисс (рисунок).

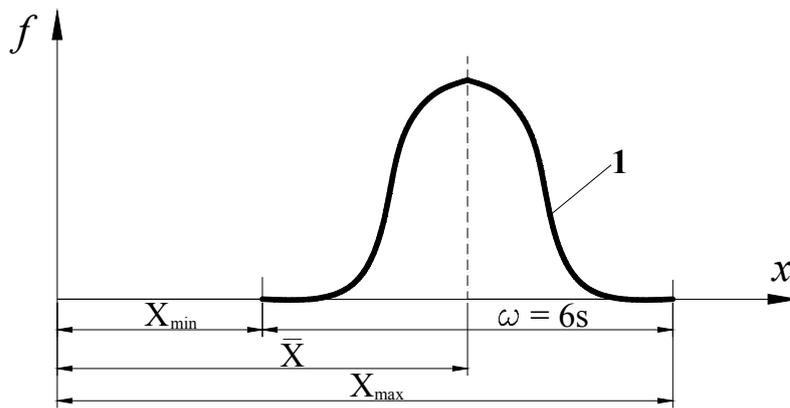


Рисунок – Схема формирования технологической точности обработки: 1 — кривая нормального распределения

При оценке технологической точности принято считать предельным отклонением значение $\pm 3S$ (S – среднее квадратическое отклонение (мера рассеивания) случайных величин, мм), X – переменная случайная величина (размеры детали), мм; \bar{X} – среднее арифметическое (или центр рассеивания) случайных величин, мм), а поле рассеивания $\omega = 6S$. Тогда нижняя граница поля рассеивания $X_{\min} = \bar{X} - 3S$, верхняя граница поля рассеивания $X_{\max} = \bar{X} + 3S$ (по рис).

Одним из основных показателей технологической точности деревообрабатывающих машин как технологических систем является коэффициент точности (по контролируемому параметру) $K_T = \omega/\delta$, где δ – допуск на контролируемый размер детали для заданного качества. Технологическая точность работы станка по заданному качеству обеспечивается при выполнении условия $K_T \leq 1$.

Для целей контроля соответствия точности обработки деревянных деталей требованиям нормативно-технической документации используют индикаторные толщиномеры, настраиваемые на номинальный размер по соответствующим образцовым концевым мерам. Цена деления индикатора в таком толщиномере составляет 0,1 мм, что достаточно для контроля процесса обработки в соответствии с нормами точности на деревообрабатывающие станки. То есть, по сути при измерении фиксируется только факт соответствия или не соответствия размера полю допуска по чертежу.

Для целей же определительных испытаний на надежность необходимо проследить процесс постепенного изменения контролируемого размера и зафиксировать момент перехода от «годных» обработанных деталей к «негодным». Это требует применения средств измерения более чувствительных, с меньшей ценой деления, не более 0,01 мм. Такими средствами измерения могут быть микрометрические скобы, однако при массовых замерах на больших объемах выборок время измерений может быть весьма значительным, т.к. необходимо при каждом замере вращать микрометрический винт до срабатывания «трещотки», а затем считывать и записывать показания по двум шкалам: лимба и нониуса.

Более рациональным представляется применение индикаторной скобы с ценой деления 0,01 мм, настроенной на номинал по концевым мерам, при котором необходимо только поместить деталь между упором скобы и наконечником индикатора и считать отклонение от номинала по его шкале.

Исходя из изложенного, мы рекомендуем для определительных испытаний на надежность технологических систем деревообработки по параметру качества продукции «точность» применять индикаторные скобы с ценой деления не более 0,01 мм.

Библиографический список

1. ГОСТ 27.004-85 Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. [Текст]. Взамен ГОСТ 22954-78; введ. 1986-07-01. М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 2002. 18 с.
2. ГОСТ 27.202-83. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. [Текст]. Введ. 1984-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 50 с.
3. ОСТ 6449.1-82. Изделия из древесины и древесных материалов. Поля допусков для линейных размеров и посадки [Текст]. Введ. 1982-03-26. М.: Изд-во стандартов, 1991. 21 с.
4. Новоселов В.Г. Физический метод расчета надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» [Текст] / В.Г.Новоселов, И.Т.Глебов // Надежность и качество: материалы международного симпозиума, Пенза, 25-31 мая 2006 г./ Пензенский гос. техн. ун-т. – Пенза, 2006. - С. 276-278.
5. Новосёлов В.Г. Теоретическое исследование надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» [Текст]/ В.Г.Новосёлов, Т.В.Полякова // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 20-21 сентября 2006 г./ Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т.- 2006. С.108-114.

Petr Horáček (*Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Czech Republic*) horacek@mendelu.cz

HOW TO USE A NONDESTRUCTIVE EVALUATION OF TIMBER STRUCTURES

Abstract

A variety of NDE techniques can be employed by an inspector in order to determine the condition of an timber structure. Advances are needed to improve the effectiveness of predicting timber properties and overall structural capacity from various NDE methods. The goal of this paper is to describe a combination of techniques that will provide a more effective prediction of timber structure condition and capacity.

Key words: Nondestructive evaluation, wood properties, timber structures

1 INTRODUCTION

Nondestructive evaluation techniques (NDE) utilizing different methods has successfully been used to improve the assessment of the integrity of wood structures [1]. NDE tech-

niques for wood differ greatly from those for homogeneous, isotropic materials such as metals, plastics, and ceramics. In such materials, whose mechanical properties are known and tightly controlled by manufacturing processes, NDE techniques are used only to detect the presence of discontinuities, voids or inclusions. However, in wood, these irregularities occur naturally and are further induced by degradative agents in the environment. Therefore, NDE techniques for wood are used to measure how environmentally induced irregularities interact in a wood member to determine its mechanical properties. The purpose of this document is to provide guidelines on the application and use of the NDE method in locating and defining areas of decay in timber structure members [2].

Timber bridges are often exposed to harsh environmental conditions. Over time, this exposure can lead to deterioration resulting from decay, insect attack, weathering, and mechanical damage [3]. Early decay is difficult to recognize because it is visually subtle and often occurs on the interior of a timber or below ground. Non visual methods of identifying early decay include culturing the fungus from the infected wood and various physical tests, such as those that indicate a change in strength properties, acoustic changes, and electrical changes.

2 NDE OF TIMBER MEMBERS

Inspection methods are currently a combination of tests for physical detection of decay (for example, sounding, boring), mechanical detection (compression test, splinter test), electrical detection (moisture meter, x-ray), or acoustic detection (acoustic emissions, stress wave time). Laboratory detection methods, such as culturing, microscopy, and serological tests, though definitive for early stages of decay and valuable to the inspection process, have historically not lent themselves to field use [3].

The fundamental hypothesis governing NDE of wood materials was first put forth by [4]. He proposed that the energy storage and dissipation properties of wood materials, which can be measured nondestructively by using any of several vibration-or acoustic-type techniques, are controlled by the same mechanisms that determine the static behavior of the materials. A variety of inspection techniques can be employed to locate damage and decay in timber members in order to maintain structural performance [3]: visual inspection, stress wave / ultrasonic, drill resistance, radiography, microwave / ground penetrating radar, vibration.

2.1 Visual inspection

Visual inspection is the simplest NDE technique, and should be the first step in assessing a timber bridge. Using visual inspection, technical personnel can quickly develop a qualitative assessment of the relative structural integrity of individual members. Obvious deficiencies can be easily identified, including external damage, decay, crushed fibers in bearing, creep, or presence of severe checks and splits. Results of visual inspection can be employed to guide further NDE.

Visual inspection requires strong light and is suitable for detecting intermediate or advanced surface decay, water damage, mechanical damage, or failed members. Visual inspection cannot detect early stage decay, when remedial treatment is most effective [5].

2.2 Stress wave / ultrasonic technique

Stress wave propagation in wood is a dynamic process that is directly related to the physical and mechanical properties of wood. In general, stress waves travel faster in sound and high quality wood than in deteriorated and low quality wood. By measuring wave transmission time through a timber in the given direction, the internal condition of the tree can be

fairly accurately evaluated. If decay is present in the member, the attenuation and propagation time of the stress wave passing through the member is increased. The increase in propagation time, in extensively decayed wood, may be as great as 10 times the propagation time for solid wood [1].

Table 1 summarizes recent research on stress wave transmission times for various species of wood. In general, the reference information can be summarized into two groups: softwoods and hardwoods. Generally, sound travels faster in hardwood species than in softwood species. As a rule in living trees, the baseline transmission time is 1,000 $\mu\text{s}/\text{m}$ for softwoods and 670 $\mu\text{s}/\text{m}$ for hardwoods [Table 1] [9]. Measured transmission time (per length basis) less than this would indicate a sound wood. A study conducted by [11] demonstrated that a 30% increase in stress wave transmission time implies a 50% loss in strength. A 50% increase indicates severely decayed wood [9]. For timber structures such threshold criteria is still missing.

Table 1: Reference stress wave velocities and transmission times for various species at moisture content 6-12%: sound wood [10], decayed wood calculated according to [11].

Wood species	Stress wave transmission time ($\mu\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$)		
	Sound wood ^[10]	Moderate decay ^[11]	Severe decay ^[11]
Spruce	700-930	910-1209	1000-1375
Fir	625-1070	940-1390	1085-1605 (1574 ¹⁰)
Pine	1075	1390	1610 (1640 ¹⁰)
Oak	570-645	740-835	855-970
Beech	600	780	900
Maple	670	871	1005

Because wood is an organic substance, the speed of wave propagation varies with grain direction. The speed of sound across the grain is about one-fifth to one-third of the longitudinal value. [9]. Remember that longest transverse-to-grain transmission time is found at a 45° orientation to the annual rings. The shortest is in the radial direction; stress wave speed is about 15-30% faster than that in the tangential directions. [9] Stress wave transmission time (TT, $\mu\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$) is given by:

$$TT = 10^6 c^{-1} = 10^6 (E/\rho)^{-1/2} \quad (1)$$

where c – stress wave velocity (m.s-1), E – modulus of elasticity (N.m-2), ρ – wood density (kg. m⁻³).

2.3 Drilling resistance

Drill resistance is a quasi-nondestructive test that has been used to determine density end detect decay in trees and timber. It is classified as quasi-nondestructive because a small diameter (1.5mm - 3mm) hole remains in the specimen after testing. However, this hole is small enough to have only negligible structural effects on the remaining cross-section and may be sealed to prevent access for agents of decay. Drill resistance (RD, Nm.s.rad-1) devices operate under the premise that resistance to penetration is correlated with material density. Drill resistance is determined by measuring the power required to cut through the material:

$$RD = T / \omega \quad (2)$$

where T – drilling torque (Nm), ω – angular speed (rad/s).

Plotting drill resistance versus drill tip depth results in a drill-resistance profile that can be used to evaluate the internal condition of a tree or timber member and identify locations of various stages of decay. The resistance profile can also be used to estimate member density and compares favorably with radiographic.

Due to the invasive nature of the drill resistance technique, and the fact that it provides a vary localized measure of density, this technique maybe best employed if used in conjunction with NDE methods that provide qualitative condition assessment (e.g., visual inspection) or regional condition assessment (e.g., stress wave or ultrasonic inspection). In such a scenario, visual or stress wave inspection could be used to locate expected regions of decay. Drill resistance measurements could then be taken at a limited number of key locations to determine the through-thickness condition of the wood. These measurements could be combined to predict MOE and possibly member strength.

An overall analysis of data from different timber specimens led to the development indices of decay for the test specimens. It seems to be difficult to distinguish between different stages of decay within narrow range of 0-25% [Table 2].

Table 2: Deterioration assessment based on drilling resistance (indices represents nearly 85% of the specimens tested) [8].

Drilling resistance (Nm.s.rad ⁻¹)	Deterioration index
25-100%	Sound wood
10-25%	Moderate deterioration
0-10%	Severe deterioration

3 QUANTIFICATION OF BIODEGRADATION

Another attempt there is to develop an NDE methodology whereby the presence and extent of biodegradation could be quantified [6]. It is easy to add an additional constraint to the objectives since we wanted to develop the technique in such a way that it could quantify biodegradation at inaccessible locations.

Since in exterior use we cannot control the environmental variables, such as temperature and moisture content, for in-situ measurements, we needed to develop an NDE which can quantify the biodegradation while at the same time is insensitive to temperature and moisture variations.

In a general form, e.g. the vibration signal output (V), is assumed to be a function (f) of a number of major material and environmental variables. In mathematical form [7]:

$$V = f(D, B, M, T, G, C, \dots) \quad (3)$$

where D – density, B – biodegradation, M - moisture content, T – temperature, G – geometry, C - boundary condition.

In the final form the biodegradation is quantified by a decay ratio (DR). The decay ratio is defined as the fraction of decay occupying the cross section. Based on the above outlined criteria the final form of the mathematical prediction model chosen is [7]:

$$DR = a+b (P/S) + c(G) \quad (4)$$

where P - NDE parameters, S - species parameter, G - geometry parameter, a, b, c - numerical constants.



Line A

Line B

Line C

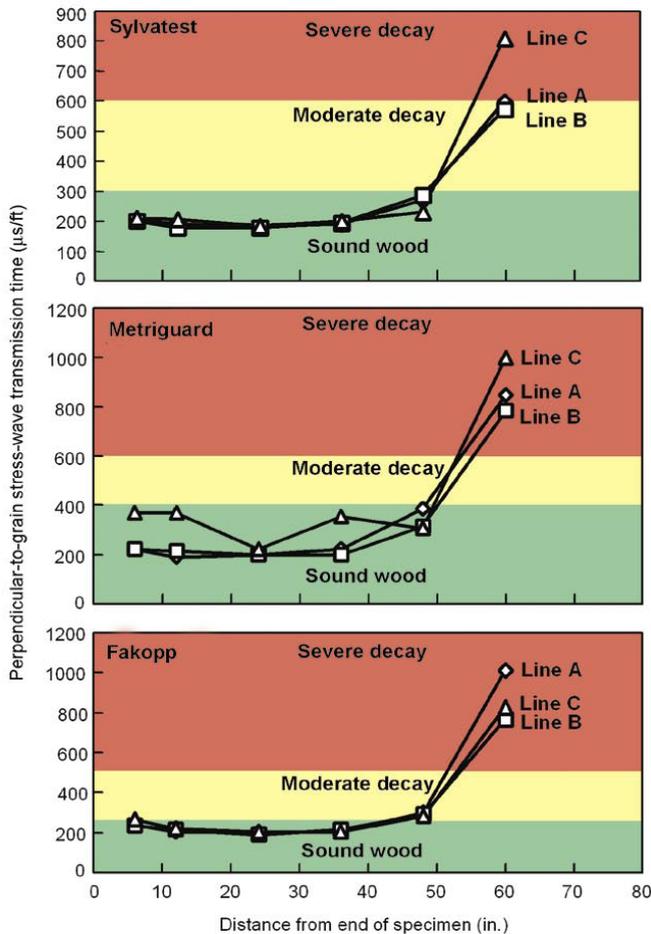


Figure 1: Assessment of wood deterioration (Douglas-fir) by several stress-wave tools [12].

The above decay ratio is computed at several orientations at a given cross section. This way the decay location can be mapped to scale. Note that the process can be repeated more times rotating the measurements at some degrees each time. The decay ratio approach gives excellent results between actual and NDE-predicted decay ratios.

One example of application of above mentioned approach there is comparison of stress wave transmission plots and interior photographs of wood specimen revealing areas of different grade of deterioration (Figure 1). Figure 1 illustrates results obtained from a specimen that showed mostly sound wood with a pocket of moderate–severe deterioration at approximately 240 mm from the specimen end after being cut open. Nearly all measured stress-wave transmission times were within the sound to slightly moderate decay zones. However,

the stress-wave transmission time measured was in the severe to slightly moderate decay zone for one device, whereas it was in the severe decay zone for another devices [12]. Anyway, a good approximation of threshold criteria distinguishing a sound and deteriorated wood there is the stress-wave transmission time around $1000 \mu\text{s.m}^{-1}$ (softwoods) and $700 \mu\text{s.m}^{-1}$ (hardwoods). For more details refer to [10].

Results on comparative performance characteristics such as accuracy, reliability, and ease of use in detecting internal decay in the timber structures provide good potential for interpretation of the testing results. Regardless of the unit used, the user must be careful to differentiate the presence of decay from internal splits, cracks, or ring shake in the timbers. It is recommended that an increment corer or resistance drill be used to confirm the exact levels and locations of decay [12].

4 CONCLUSION

Professionals may be satisfied to produce a report on the conducted NDE research. However, eventually a question is raised whether the results could be used to produce a tool that can be put to practical application. While the professional may not be the one who produces the NDE tool, he or she should be familiar with the questions raised by the one who will consider the feasibility of such an undertaking. Some of the more important elements of the feasibility evaluation are discussed in the paper:

- Stress-wave timing technologies can be used successfully to detect the presence and level of internal decay for timber bridge components.
- Stress-wave timing measurements perpendicular to the grain provide an excellent tool to assess the extent of internal decay in timber bridge components.
- There were, however, differences in the level of variability and the decay thresholds for different equipment.
- Any nondestructive testing tool or device must be used as part of a comprehensive condition assessment that incorporates an in-depth visual inspection, knowledge of prior use of the structure, and a working knowledge of fundamental engineering properties of structural wood products.
- When used with visual and probing techniques, NDE technique provides a very accurate description of the internal condition of timber structures.

ACKNOWLEDGMENT

This paper was elaborated with the financial support of Ministry of Education, Youth and Sport of Czech Republic, No. MSM 6215648902.

LITERATURE

- [1] Pellerin, R.; Ross, R., Falk, R., Volny, N.: EVALUATION OF TIMBER BRIDGES USING STRESS WAVE TECHNOLOGY. In: Proceedings Pacific Timber Engineering Conference, Gold Coast Australia July 11 - July 15, 1994, pp. 458-463.
- [2] Emerson, R. N., Pollock, D. G., Kainz, J. A., Fridley, K. J., McLean, D. L., Ross, R. J.: NONDESTRUCTIVE EVALUATION TECHNIQUES FOR TIMBER BRIDGES. In: Proceedings 5th World Conference on Timber Engineering, Montreux Switzerland, August 17-20, 1998, pp. 670-677

- [3] Clausen, C. A., Ross, R. J., Forsman, J. W., Balachowski, J. D.: Condition assessment of roof trusses of Quincy Mine Blacksmith Shop in Keweenaw National Historical Park. Res. Pap. FPL-RN-0281. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2001, 4 p.
- [4] Jayne, B.A.: Vibrational properties of wood as indices of quality. Forest Prod. J. 9 (11) 1959, pp. 413-416.
- [5] Ross, R., Brashaw, B., Wang, X.: Structural conditions assessment of in-service wood. Forest Prod. J. 6 (56) 2006, pp. 4-8.
- [6] Bodig, J. : Quantification of Biodegradation in Poles and Piles. In: Proceedings of the International Conference on Wood Poles and Piles, Colorado State University/EDM, Fort Collins, CO, USA, 1996, pp. 337-352.
- [7] Bodig, J.: The Process of NDE Research for Wood and Wood Composites. In: Proceedings of 12th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, 2000, NDT.net – March 2001, Vol. 6 No. 03
- [8] Brashaw, B. K., Vatalaro, R. J., Wacker, J. P., Ross, R. J.: Condition Assessment of Timber Bridges: 1. Evaluation of a Micro-Drilling Resistance Tool. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-159. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2005, 8 p.
- [9] Wang, X., Divos, F., Pilon, C., Brashaw, B. K., Ross, R. J., Pellerin, R. F.: Assessment of decay in standing timber using stress wave timing nondestructive evaluation tools. A guide for use and interpretation. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-147. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2004. 12 p.
- [10] Ross, R. J., Pellerin, R. F., Volny, N., Salsig, W. W., Falk, R. H.: Inspection of timber bridges using stress wave timing nondestructive evaluation tools. A guide for use and interpretation. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-114. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 1999. 15 p.
- [11] Pellerin, R.F., Ross, R.J. (eds.): Nondestructive evaluation of wood. Madison, WI: Forest Products Society. 2002.
- [12] Brashaw, B. K., Vatalaro, R. J., Wacker, J. P., Ross, R. J.: Condition Assessment of Timber Bridges: 2. Evaluation of several stress-wave tools. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-160. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2005. 11 p.

Новосёлов А.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) novav.9@rambler.ru

ЭЛЛИПТИЧНОСТЬ БРЕВЕН И ОПТИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

ELLIPTISITY OF LOGS AND THE OPTIMUM SIZES OF SAWN TIMBER

Практически каждое бревно в поперечном сечении имеет отклонение от формы круга. У пиловочника хвойных пород полученного из нижней и средней части ствола, взаимно-перпендикулярные диаметры различаются на 3,1...3,7%. При среднем диамет-

ре 30 см. эллиптичность возможна у 80% бревен [1]. Эллиптичность поперечного сечения бревна приводит к рассеиванию толщин и ширин пиломатериалов, что сказывается на спецификационном и объемном выходе пиломатериалов.

В [2] доказано что, теоретически из эллиптических бревен возможно получить пиломатериалы с таким же объемным выходом, что и из бревен круглого сечения. Рассматривая поперечное сечение бревна, с коэффициентом сбега равным единице, определялись оптимальные размеры пиломатериалов как оптимальные размеры прямоугольника вписанного в эллипс.

Данный пример рассмотрен для расчета относительно наибольшего (наименьшего) диаметра бревна (главных диаметров эллипса) перпендикулярно поставу, но не рассматривается случай определения оптимальных размеров под углом к поставу (при повороте эллипса).

Решение данной задачи в общем виде, сводится к определению оптимальных размеров прямоугольника $cdeg$ вписанного в половину эллипса ограниченного осью $AB \in OY$ и дугой $AdeB$ (рис.).

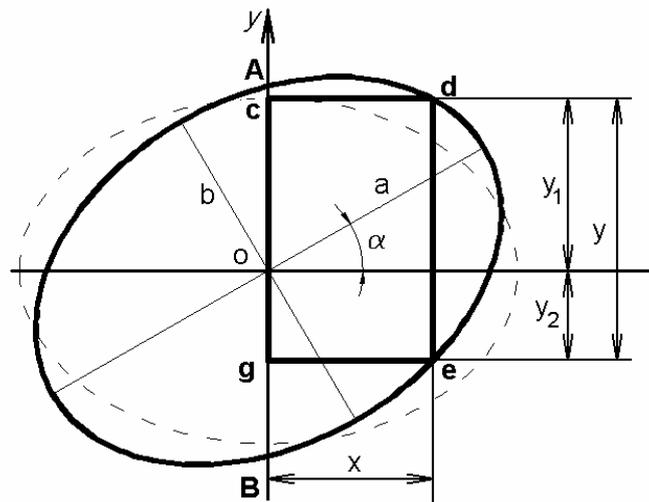


Рисунок – Расчётная схема

При повороте эллипса относительно центра координат, формула эллипса примет вид:

$$\frac{(x \cos^2 \alpha + y \sin^2 \alpha)^2}{a^2} + \frac{(-x \sin^2 \alpha + y \cos^2 \alpha)^2}{b^2} = 1, \quad (1)$$

где α – угол поворота эллипса;
 a, b – полуоси эллипса.

Решая уравнение (1) относительно y получим:

$$y_{1,2} = \frac{\sqrt{2(x \cos \alpha \sin \alpha (1 - k^2) \pm (-2k^2 x^2 \cos \alpha^2 \sin \alpha^2 + k^4 \sin \alpha^2 a^2 - k^2 \sin \alpha^4 x^2 + \cos \alpha^2 k^2 a^2 - \cos \alpha^2 k^2 x^2))}}{2(k^2 \sin \alpha^2 + \cos \alpha^2)} \quad (2)$$

где k – коэффициент сжатия эллипса, ($k=b/a$).

Площадь прямоугольника S_{cdeg} равна:

$$S_{cdeg} = ge \cdot ed \quad (3)$$

$$ed = |y_1| + |y_2| \quad (4)$$

Тогда решая уравнение (4) с учетом уравнения (2) получим:

$$ed = \frac{2\sqrt{\left(-k^2\left(2x^2 \cos \alpha^2 \sin \alpha^2 - k^2 \sin \alpha^2 a^2 + \sin \alpha^4 x^2 - \cos \alpha^2 a^2 + \cos \alpha^4 x^2\right)\right)}}{k^2 \sin \alpha^2 + \cos \alpha^2} \quad (5)$$

Подставив значение уравнения (5) в уравнение (3) найдем площадь прямоугольника $sdeg$:

$$S_{cdeg} = \frac{2\sqrt{\left(-k^2\left(2x^2 \cos \alpha^2 \sin \alpha^2 - k^2 \sin \alpha^2 a^2 + \sin \alpha^4 x^2 - \cos \alpha^2 a^2 + \cos \alpha^4 x^2\right)\right)}}{k^2 \sin \alpha^2 + \cos \alpha^2} \cdot ge \quad (6)$$

Приравняв нулю производную от найденного выражения, найдем оптимальное значение ge соответствующее максимальному значению площади прямоугольника:

$$ge = \frac{a\sqrt{2k^2 \sin \alpha^2 + 2 \cos \alpha^2}}{2} \quad (7)$$

Решая уравнение (6) с учетом уравнения (7) найдем оптимальное значение ed соответствующее максимальному значению площади прямоугольника $sdeg$:

$$ed = \sqrt{\frac{2k^2 a^2}{k^2 - k^2 \cos \alpha^2 + \cos \alpha^2}} \quad (8)$$

В частном случае, при $\alpha=0$, мы приходим к известным рекомендациям относительно оптимальных размеров при выработке одной пары досок: $ge = \frac{a\sqrt{2}}{2}$,

$$ed = \sqrt{2ka} = \sqrt{2b}.$$

Полученные формулы могут быть использованы для определения размеров пиломатериалов выпиливаемых из эллиптических бревен под углом к основным осям эллипса.

Библиографический список

1. Анучин, Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Гослесбуиздат, 1960. – 521 с.
2. Пижурин, А.А. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Роземблит. -М.: Лесная промышленность, 1988. – 294с.

Деревообработка в индустриальном и малоэтажном домостроении

Смирнов С.В., Побединский В.В., Киселева Г.В.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) inchem@usfeu.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ И ФАНЕРЫ

THE USE OF SHEETINGS IN TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS FROM WOOD AND PLYWOODS

В строительстве широко применяются ограждающие конструкции с элементами из древесины, которые под влиянием климатических и других факторов подвергаются различным эксплуатационным воздействиям.

Согласно [1], условия эксплуатации древесины в некоторых ограждающих конструкциях оцениваются как тяжелые режимы VII - VIII класса. Режимы для древесины, применяемой в кровельных конструкциях, соответствуют IV-V классу эксплуатации по [2]. Одним из важнейших факторов, определяющих долговечность изделий из древесины, является биологическое повреждение. Так, обследования ЦНИИПромзданий показывают, что в большинстве конструкций мягкой кровли древесные материалы уже после первых двух лет эксплуатации имеют признаки гниения. При такой интенсивности развития грибковых поражений примерно через 6—10 лет структура древесины разрушается, а надежность кровельных систем бывает значительно ниже проектной. В строительной нормативно-технической документации [3] указывается вид защиты древесины в кровле от биопоражения – антисептирование, т.е. поверхностное нанесение антисептика с глубиной проникновения не более 1 мм. Подобная обработка большинством типов антисептиков может обеспечить выполнение защитных свойств в легких режимах эксплуатации I-II класса без условий вымывания препарата.

Целью настоящей работы является изучение защитных свойств и технологии применения неорганических покрытий для изделий из древесины, условия эксплуатации которых соответствуют VII - VIII классу и выше. Для получения покрытий использовались неорганические полимерные материалы на основе водных растворов дигидрофосфатов алюминия и хрома(III), модифицированных добавками дигидрофосфатов меди(II) и цинка. В качестве объектов исследования были выбраны элементы из древесины и фанеры, применяемые в кровельных конструкциях.

Условия работы элемента зависят от его местонахождения в конструкции. Если бруски укладываются в верхней части теплоизоляционного слоя, т.е. в плоскости возможной конденсации, то возможны периодические промерзания, увлажнения от появления конденсата. В нижней части теплоизоляционного слоя предполагается отсутствие конденсата и отрицательных температур. В конструкции мягкой кровли деревянные бруски укладываются в толщу утеплителя, например, минераловатных плит, находятся в контакте с кровельными материалами, металлами, стенами, в этом случае вен-

тиляция отсутствует. В материал брусков закрепляются саморезы, гвозди, поэтому структура древесины должна длительно сохранять механическую прочность. Пропиточные составы не должны вызывать коррозию металлов или вступать в химическую реакцию с железобетонными конструкциями.

Общий подход к проектированию защиты древесины в кровельных системах можно изложить в следующей последовательности:

- в зависимости от параметров среды определяется класс условий службы деревянных элементов в кровельной конструкции;
- исходя из класса защиты, выбирается антисептик;
- в зависимости от класса условий службы и типа антисептика определяется технология применения, при необходимости корректируется выбор антисептика;
- в зависимости от технологии и марки антисептика рассчитываются параметры защищенности, и определяется качество пропитки.

В настоящее время на рынке появилось много антисептиков, в качестве документации к которым прикладывается только реклама с гарантией защитных свойств на несколько десятилетий в любых условиях эксплуатации. Достоверные же экспериментальные данные об эффективности составов в тяжелых условиях эксплуатации отсутствуют. Опыт их эксплуатации показывает, что некоторые из них не эффективны, не выпускаются в достаточном количестве промышленностью, а данные по новым разработкам недостаточно освещаются в печати. Аналогичная ситуация и с антипиренами, которые должны отвечать более серьезным требованиям по сертификации. Следствием ограниченности документации и неосведомленности проектировщиков и строителей о действенных средствах защиты древесины являются некорректные назначения параметров защиты древесины в проектных решениях.

Перспективы использования металлофосфатных связующих для защиты древесины связаны с тем, что они нашли широкое применение в качестве клеевых материалов и в качестве покрытий различного назначения [4]. Отличительной особенностью неорганических полимеров на основе металлофосфатов является возможность использования их в виде водных растворов. Основу исследованных составов составляют бесцветные алюмофосфатные $Al(H_2PO_4)_3$ и зеленые хромофосфатные $Cr(H_2PO_4)_3$ связующие. Основным способом их получения заключается в растворении оксидов или гидроксидов алюминия и хрома(III) в высококонцентрированной H_3PO_4 при 318—371K [5]. Эти растворы легко смешиваются с дигидрофосфатами большого числа металлов, что позволяет придавать модифицированным системам различные свойства. Использование термообработки на стадии формирования из связующих пленок, резко снижает растворимость полимеров и повышает химическую стойкость покрытий.

В технологии антисептиков хорошо известны биоцидные свойства солей меди(II) и цинка. Введение в алюмофосфатные и хромофосфатные связующие $Cu(H_2PO_4)_2$ и $Zn(H_2PO_4)_2$ придают композициям антисептические свойства. Устойчивые составы, сохраняющие эксплуатационные свойства в виде водно-полимерных растворов более года, образуются при мольном отношении $(Al,Cr):(Cu,Zn)$ в пределах 2—3. Плотность концентрированных водных растворов связующих составляет 1500—1600 $кг \cdot м^{-3}$. При этом условная динамическая вязкость (по ВЗ-4) составляет 33,5—38,5с. При плотности 1700 $кг \cdot м^{-3}$ и выше вязкость растворов становится высокой, и их использование затруднено. Разбавление концентрированных растворов водой в сочетании с изотермическим

упариванием обеспечивает нужную консистенцию продуктов [6]. Значения водородного показателя исследованных растворов связующих колеблется в пределах 0,4—0,8 единиц.

Применяя растворы металлофосфатных связующих различной консистенции, определяемой, в первую очередь, суммарной массовой долей дигидрофосфатов металлов в растворе, для обработки поверхностей могут быть использованы традиционные способы нанесения покрытий: окунание с выдержкой в ванне, опрыскивание и окрашивание. При этом осуществляется не только пропитка древесины, как для большинства антисептиков, но также происходит формирование на поверхности древесины изолирующей пленки, которая повышает защитные свойства металлофосфатов. После полного высушивания покрытия становятся практически нерастворимыми в воде. Нагревание на стадии сушки улучшает качество пленок неорганических полимеров. Так, прочность при сжатии высушенных при комнатной температуре алюмофосфатных связующих составляет 20—40 МПа, а после термической обработки до 373 К прочность возрастает до 50—60 МПа.

Наряду с биологической активностью, композиции металлофосфатных связующих обладают огнезащитными свойствами древесины. Ранее были известны методы обработки деревянных поверхностей водными растворами фосфатов металлов для придания огнезащитных свойств, но развития не получили. Пропитка древесных масс растворами металлофосфатов дает эффективные результаты, т.к. практически полностью препятствует распространению пламени. Обработывая соответствующим образом шпон при производстве фанеры можно получать особо огнестойкие сорта фанеры.

Таким образом, водные растворы алюмофосфатных и хромофосфатных связующих, модифицированные дигидрофосфатами меди(II) и, цинка являются перспективными материалами, которые могут использоваться в качестве высокоэффективных антисептиков и антипиренов древесины. Их преимущества по сравнению с применяемыми антисептиками и антипиренами связаны с возможностью их использования в виде устойчивых водных растворов, с образованием после высыхания прочных практически нерастворимых в воде пленок, выполняющих изолирующие функции, с доступностью и возможностью их производства в крупных масштабах.

Для применения в кровельных и других ограждающих конструкциях решающее значение будет иметь технологичность таких препаратов, т.к. в отличие от пропитки автоклавным методом позволяют выполнять обработку древесины в построечных условиях.

Библиографический список

1. Беленков Д.А. Вероятностный метод исследования антисептиков для древесины.- Свердловск: Изд. УрГУ, 1991.-180 с.
2. ГОСТ 20022.0-93. Защита древесины. Параметры защищенности.
3. СП 31-101-2004. Кровли. Проектирование и строительство. Рег. № 1063-ПП от 12.11.2004. - Екатеринбург: Союз предприятий строительной индустрии Свердловской области, 2004. - 113 с.
4. Сычев М.М. Неорганические клеи. – Л.: «Химия», 1986. 153 с.

5. Смирнов С.В., Мухин Н.М., Смирнова Т.В. Повышение огнестойкости древесных пресс-масс. В сб.: Технология древесных плит и пластиков. - Свердловск: изд. УГЛТА, 1991. С. 73-76.

6. Смирнов С.В., Серeda Б.П., Мухин Н.М. и др. Исследование локального окружения ионов хрома в фосфатных связующих для древесных пресс-масс. В сб.: Технология древесных плит и пластиков. - Свердловск: изд. УГЛТА, 1991. С. 87-94.

Поротникова С.А., Стадольникова М.Е. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ВИТОЙ ЛЕСТНИЦЫ

THE DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION A TECHNIQUE OF THREE-DIMENSIONAL MODEL OF A TWISTED LADDER

Предложенная и развиваемая правительством программа «Доступное жилье», вызвала повышенный интерес к малоэтажному деревянному домостроению, как наиболее дешевому, доступному и привычному. Под строительством деревянного дома подразумевается не только возведение стен, но и использование всех сопутствующих столярно-строительных изделий, таких как окна, двери, входные группы, внутриквартирные лестницы. При выполнении чертежей пространственных моделей и рабочих чертежей названных деревянных конструкций, основываясь на принятых к изучению графических программах (например, AutoCAD), необходима и возможна разработка методик, помогающих реализации поставленных целей.

В статье показана методика создания трехмерной модели витой лестницы. По предполагаемому внутреннему объему дома, отведенного под лестницу, рассчитываются габаритные размеры лестницы – 1800 мм и длина ступеней в плане – 700 мм (рис.1, а), а также количество ступеней - 18 и высота подступенки - $2750/18=153$ мм (рис.1, б) с учетом удобства и принятых стандартов.

При рассмотрении методики целесообразно заменить сложные объекты (ступени и балясины) на прямые линии перпендикулярные друг другу (рис.2, а). Использование команды кругового массива позволяет равномерно распределить необходимое число ступеней по принятому в конструкции углу. В примере для простоты и наглядности изложения принят угол 360 градусов и число ступеней равно семи (рис.2, б).

При известной высоте подступенка, с помощью команды перемещения, пары «ступень-балясина» раздвигаются по направляющей центральной линии лестницы – опоре (рис.3, в). Предварительно командой деления опора делится на необходимое число узлов (рис.3, а). Обязательно применяются привязки и учитывается стиль точки (рис.3, б).

После установки всех балясин, по их вершинам проводится направляющая для перил - множественная линия или полилиния (рис.4, а), затем применяется перенос и поворот знака начала координат (рис.4, б, в) и установка перпендикулярно направляю-

щей некоторой плоской формы, соответствующей сечению перил. В примере рассмотрена форма сечения перил в виде окружности (рис.4, г).

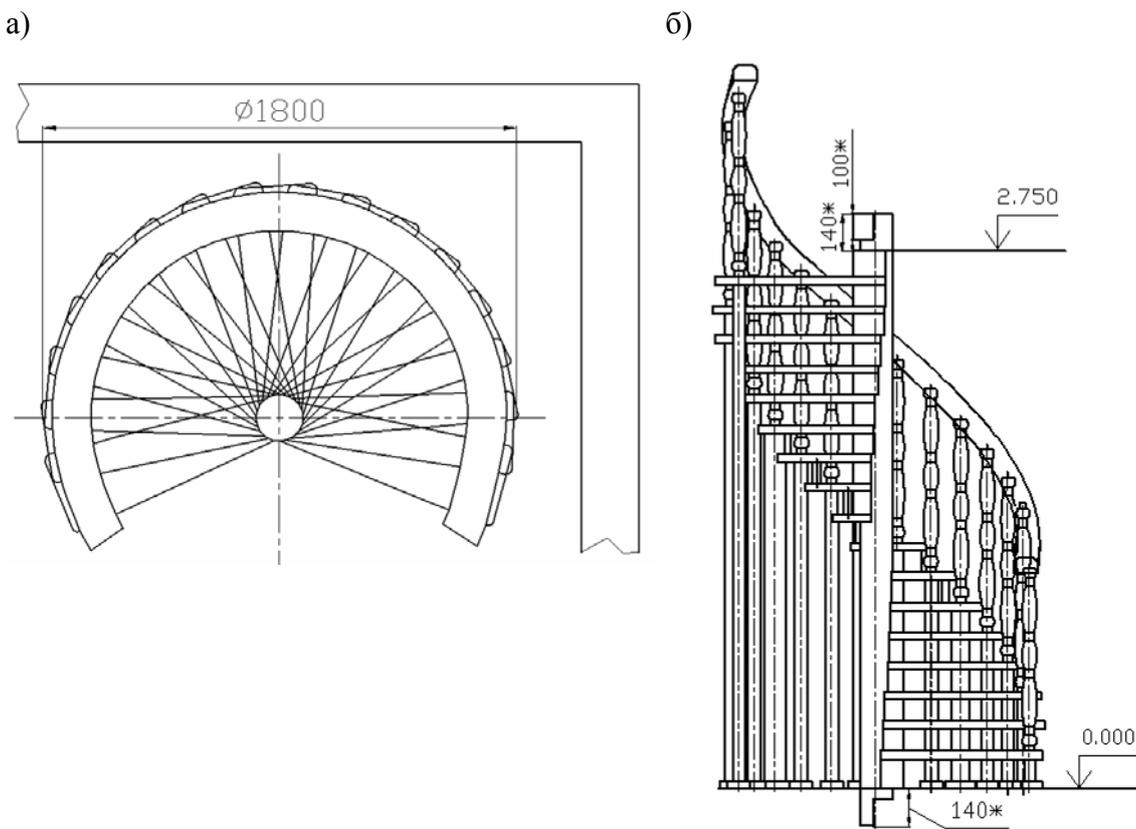


Рисунок 1 – Расчет лестницы с учетом свободного объема

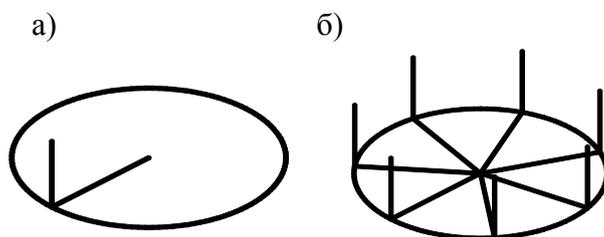


Рисунок 2 – Распределение числа ступеней соответственно плану

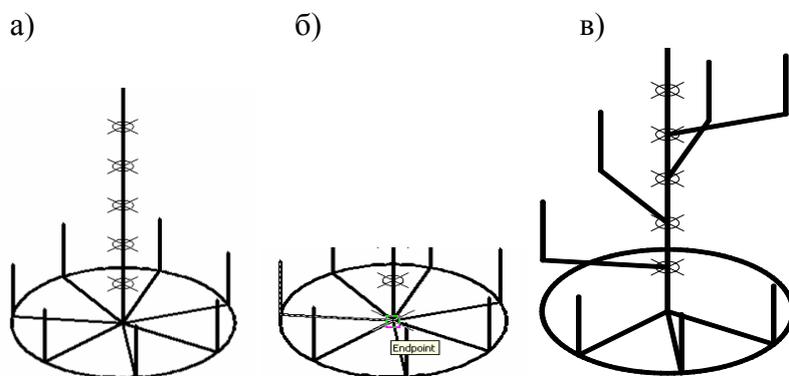


Рисунок 3 – Установка ступеней

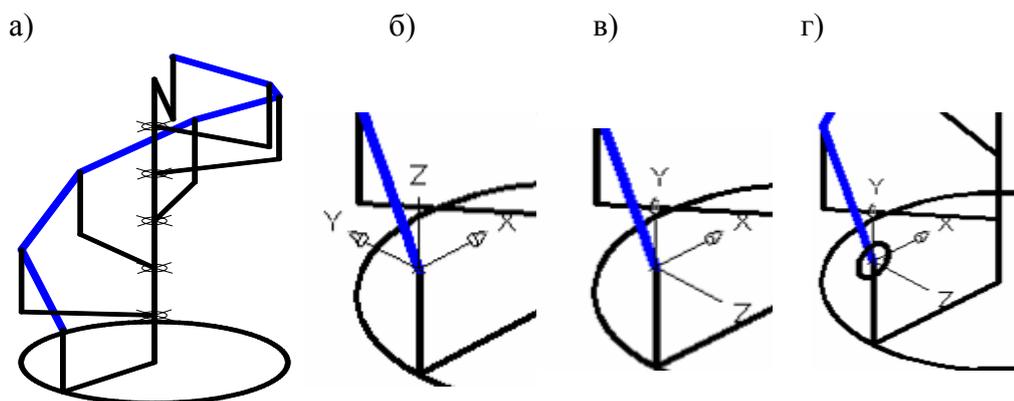


Рисунок 4 – Построение направляющей для перил

На последнем этапе командой вытягивания контура по траектории, плоская форма «протягивается» по направляющей (рис.5, а.), конструктивным элементам присваиваются цвета или материалы и изображение тонируется (рис.5, б).

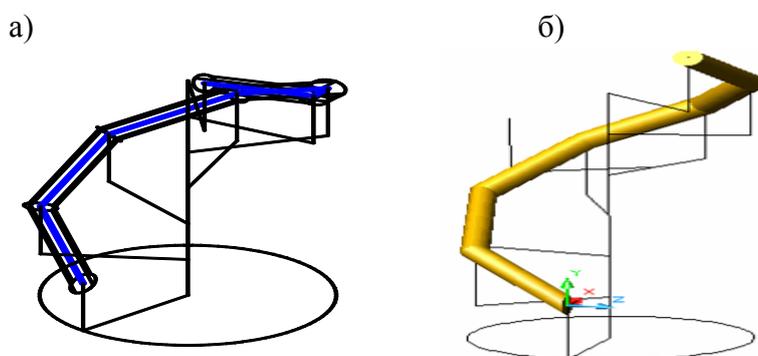


Рисунок 5 – Построение перил

Неприятной особенностью построения перил с помощью пакета AutoCAD является подкручивание протягиваемой плоской формы, что хорошо видно на рисунке 6.

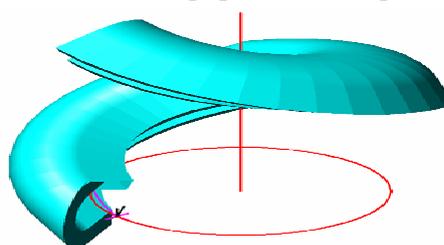


Рисунок 6 – «Подкручивание» сечения относительно направляющей

Этого отрицательного эффекта можно избежать, если расчлнить перила на составные части одной длины (рис.7, б), что одновременно облегчает технологию изготовления изделия и улучшает визуализацию объекта.

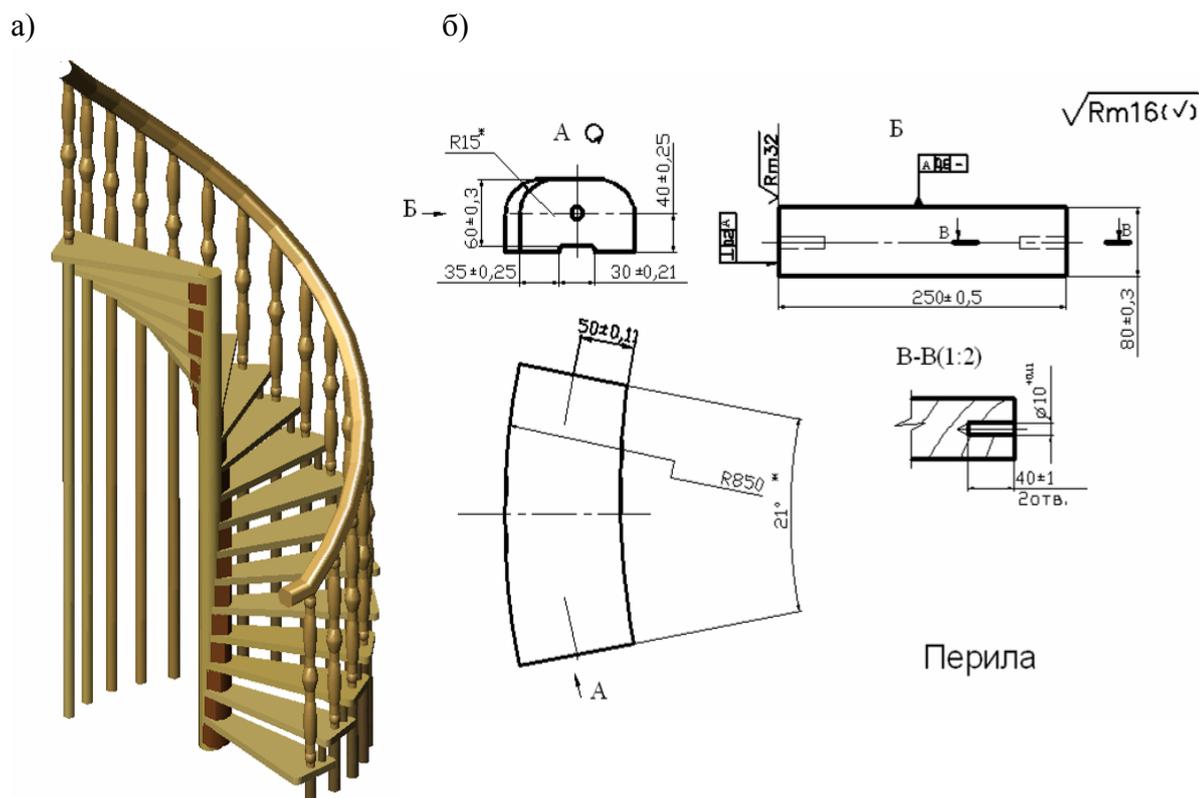


Рисунок 7 – Разработка конструкции витой лестницы

На рисунке 7 приведена трехмерная модель внутренней лестницы дачного дома, ведущей на мансарду (рис.7, а) и рабочий чертеж части перил (рис.7, б).

В соответствии с рассмотренной методикой можно разработать конструкцию витой лестницы любой сложности.

Кошелева Н.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОГО МНОГОПРОФИЛЬНОГО ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

THE CREATION OF THE MODERN VERSATILE TIMBER ENTERPRISE

Производство деревянных домов и клееной продукции из массивной древесины (брус, щит, окна, двери и т.д.) является одним из перспективных направлений развития деревообрабатывающей промышленности и все чаще создается непосредственно в лесных регионах России. В связи с этим ООО ПКТБ леспром и УГЛТУ совместно был разработан проект многопрофильного лесопильно-деревообрабатывающего предприятия в г. Тобольске.

Проектируемое деревообрабатывающее производство предназначено для выпуска клееного строительного бруса и комплектов деревянных домов на его основе,

клееного оконного бруса, клееного щита, профильных деталей для строительства (погонажа), оконных блоков, щитовых дверей и других изделий из массивной древесины для деревянного домостроения и оформления интерьеров помещений.

Данная продукция имеет высокие потребительские свойства и пользуется большим спросом на внутреннем и зарубежном рынках. Конкурентоспособность продукции обеспечивается наличием местных сырьевых ресурсов, собственного участка лесопиления и сушки пиломатериалов, предусмотренной в проекте передовой технологией деревообработки, производственной базой с современным оборудованием зарубежного производства, в основном итальянской компании SCM GROUP, высоким качеством и экологичностью продукции, изготовленной из натуральной древесины. Технологией производства предусматривается выпуск продукции полной заводской готовности.

Производственная программа определена с учетом переработки 56,0 тыс.м³ обрезных и необрезных пиломатериалов в год, обеспечения выпуска всего ассортимента продукции, производительности ведущего оборудования, режима его работы и возможности размещения на имеющихся производственных площадях.

Выпуск продукции в год составит:

- комплекты стандартных деревянных домов – 60 комплектов;
- клееный строительный брус – 14 тыс.м³;
- клееный оконный брус – 6000 тыс.м³;
- клееный мебельный щит – 2000 тыс.м³;
- профильные детали (погонаж) – 8500 тыс.м³;
- окна из клееного бруса – 10000 шт;
- двери из клееного щита – 10000 шт;
- строительные детали – 1200 м³.

В процессе производственной деятельности деревообрабатывающего производства может осуществляться корректировка программы, а также расширение ассортимента выпускаемой продукции.

В качестве исходного сырья для деревообрабатывающего производства используются хвойные обрезные и необрезные пиломатериалы 1-3 сортов собственного производства и покупные, высушенные до влажности $(8\pm 2)\%$ для столярных и клееных изделий и до влажности $12\pm 2\%$ для профильных деталей.

Проектируемое деревообрабатывающее производство располагается в существующих зданиях, а также во вновь строящихся для расширения раскройно-заготовительного участка, размещения участка отделки, склада готовой продукции между участками изготовления клееного щита и участком изготовления строительного бруса. Общая производственная площадь составляет 12 000 м².

В разрабатываемом технологическом процессе предлагаются решения, учитывающие возможность размещения производства в существующих помещениях, обеспечивающие поточность производства, предметную и технологическую специализацию участков, механизацию трудоемких операций, изготовление изделий при наименьших трудозатратах, экономном использовании материалов и обеспечении требуемых точности и качества обработки, мероприятия по сбору отходов и защите окружающей среды. Определяющими факторами являются производственная программа, характер и ассортимент выпускаемой продукции, организационные и технические возможности предприятия.

Технологический процесс запроектирован на базе современного оборудования импортного производства с применением средств малой механизации. Применяемое технологическое оборудование отвечает современным требованиям прогрессивной технологии и отличается высокой производительностью и возможностью обеспечения заданных технологических параметров. Созданные технологические потоки на выбранном оборудовании являются гибкими и универсальными и, при необходимости, могут быть переориентированы на выпуск наиболее выгодной в данный период продукции в рамках намеченной производственной программы и ассортимента.

Оборудование располагается на технологически специализированных участках с учетом последовательности выполнения технологических операций, используются цепной и групповой методы расстановки станков. Промежуточные склады, рабочие места, проходы, проезды, места и безопасность работы и обслуживания, возможность монтажа, ремонта оборудования, удобство подвоза материала и вывоза заготовок, деталей, изделий, уборки отходов. Для каждого станка и рабочего места отводится соответствующая площадь, занимаемая станком, место для рабочего, подступные места для подлежащих обработке и обработанных заготовок, места для отходов, технологической выдержки после склеивания и сборки.

Удаление мелких сыпучих отходов производится системой пневмотранспорта. Все отходы используются на топливо для собственной котельной.

Межцеховые транспортные операции осуществляются авто- и электропогрузчиком и вагонетками, внутрицеховые – мостовыми кранами, электропогрузчиком, ручными гидравлическими тележками, этажерками. Хранение готовой продукции производится на выделенных участках и складе готовой продукции. Производственные помещения обеспечиваются необходимым количеством тепла, воды на технические и бытовые нужды, электричества и сжатого воздуха.

Технологический процесс изготовления всего ассортимента продукции деревообработки разработан с учетом годового объема производства и имеющихся производственных площадей, начинается с раскроя пиломатериалов, заканчивается упаковкой изделий полной заводской готовности и состоит из следующих этапов:

1. Раскрой пиломатериалов на заготовки.
2. Фрезерование профильных деталей для строительства.
3. Обработка и склеивание заготовок и деловых отходов по длине.
4. Изготовление клееного строительного бруса и комплектов домов.
5. Изготовление клееного оконного бруса и клееного щита.
6. Механическая обработка заготовок и деталей.
7. Сборка коробок, створок, окон, дверей и их обработка.
8. Шлифование.
9. Нанесение защитно-декоративного покрытия.
10. Общая сборка, монтаж окон и дверей.
11. Контроль качества и упаковка.

На деревообрабатывающем производстве располагаются следующие участки, специализированные на изготовлении определенных видов изделий и выполнении отдельных технологических процессов:

- раскройно-заготовительный участок;
- участок изготовления клееного строительного бруса;

- участок изготовления клееного оконного бруса и профильных деталей;
- участок изготовления клееного щита;
- участок изготовления окон и дверей;
- участок отделки окон и дверей;
- участок общей сборки и упаковки окон и дверей;
- склад готовой продукции.

На предприятии предусмотрены специальные помещения для подготовки и ремонта дереворежущего инструмента, оснащенные необходимым оборудованием, а также комнаты для слесаря, электрика, кабинеты мастера и технолога, бытовые помещения. В цехах имеются кладовые для клеевых и лакокрасочных материалов, шлифовальной ленты, комплектующих и упаковочных материалов, фурнитуры, деревообрабатывающего режущего и ручного электрофицированного инструмента, а также лакоприготовительная, электрощитовая, компрессорная, помещение для автоматического пожаротушения, венткамеры.

Организация такого предприятия в регионе, богатом лесными ресурсами, позволит снизить затраты на приобретение и транспортировку исходных лесоматериалов, снизить себестоимость выпускаемой продукции, создать дополнительные рабочие места для местного населения и стабильно увеличивать объемы производства качественной и востребованной на рынке продукции.

Библиографический список

1. Волынский В.Н., Пластинин С.Н. Первичная обработка пиломатериалов на лесопильных предприятиях. М., ООО «Риэл-пресс». 2005.- 253 с.
2. Справочник по деревообработке. Под ред. В.В. Кислого. Екатеринбург, «БРИЗ», 1995.- 558 с.

Руденко Б.Д. (СибГТУ, г. Красноярск, РФ) rudenko@krasmail.ru

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНО-ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

THE PROPERTIES CHANGE OF CEMENT-WOOD MATERIALS WHILE IN SERVICE

Эксплуатация цементно-древесных материалов характеризуется изменением их прочности с течением времени и внешним воздействием (в статье подразумевается градиент механического давления, хотя этот градиент может быть проявлением другого воздействия, такого как температурное или воздействие жидкости).

Изменение прочности это пример движения, т.е. меняется скалярная величина рассматриваемой характеристики.

Принятые уравнения будут иметь вид

$$\frac{d\rho}{dt} + \frac{d}{dx}(\rho v) = 0 \quad (\text{уравнение непрерывности}), \quad (1)$$

$$\rho \frac{dv}{dt} + \rho v \frac{dv}{dx} = -\frac{dp}{dx} \quad [\text{уравнение ослабление прочности (движения)}], \quad (2)$$

$$p = f(\rho, T) \quad (\text{уравнения состояния}). \quad (3)$$

Примем обозначение:

ρ - характеристика структуры материала (плотность);

T – продолжительность;

x – прочность;

v – условия эксплуатации.

Таким образом, приведенные уравнения [2] представляют собой уравнения описания долговечности идеальных искусственных конгломератов (материалы, в которых все связи между фазами подаются формальному описанию) при отсутствии внешнего механического воздействия.

Перейдем к описанию сохранения прочностных показателей (связей между фазами).

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho \varepsilon, \quad (4)$$

где первый член есть сформированная прочность материалов, присущая рассматриваемой структуре, второй – прочность связей между фазами внутри материалов.

Для идеального материала $\varepsilon = c_a T$, где c_a – адгезионная удельная прочность, T – напряжения в материале.

Вычислим изменение прочности в единицу времени

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\rho v^2}{2} + \rho \varepsilon \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{\rho v^2}{2} \right) + \frac{d}{dt} (\rho \varepsilon). \quad (5)$$

Производя дифференцирование в первом слагаемом и пользуясь уравнениями (1) и (2), получим

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\rho v^2}{2} \right) = \frac{v^2}{2} \frac{d\rho}{dt} + \rho v \frac{dv}{dt} = -\frac{v^2}{2} \frac{d}{dx}(\rho v) - \rho v \frac{d}{dx} \left(\frac{v^2}{2} \right) - v \frac{dp}{dx}. \quad (6)$$

Для преобразования производной $\frac{d}{dt}(\rho \varepsilon)$ обратимся к первому началу термодинамики, выражающему закон сохранения энергии

$$dQ = d\varepsilon + p \cdot d\tau, \quad (7)$$

где dQ – энергия состояния материала (сформированная структура при полученной прочности); $p \cdot d\tau$ - работа, затрачиваемая на изменение прочности связей на величину $d\tau$. ($\tau = 1/\rho$ - удельный объем).

Если процесс адиабатический (нет теплообмена со средой), то

$dQ = 0$ и

$$d\varepsilon = -p d \frac{1}{\rho} = \frac{p}{\rho^2} d\rho. \quad (8)$$

Пользуясь этим равенством, будем иметь:

$$d(\rho\varepsilon) = \varepsilon d\rho + \rho d\varepsilon = \varepsilon d\rho + \frac{p}{\rho} d\rho = w d\rho, \quad (9)$$

$$\frac{d}{dt}(\rho\varepsilon) = w \frac{d\rho}{dt}, \quad (10)$$

где

$$w = \varepsilon + \frac{p}{\rho} \quad (11)$$

- прочностная функция или прочность единицы объема.

Производная $\frac{dw}{dx}$ в силу соотношений (9) и (11) удовлетворяет уравнению

$$\rho v \frac{dw}{dx} = v \frac{dp}{dx}. \quad (12)$$

Учитывая равенства (2), (5), (6), (10), (12), получаем модель описания долговечности цементно-древесных материалов в дифференциальной форме

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\rho v^2}{2} + \rho\varepsilon \right) = - \frac{d}{dx} \left[\rho v \left(\frac{v^2}{2} + w \right) \right]. \quad (13)$$

Для выяснения физического смысла этого равенства проинтегрируем его по величине (x_1, x_2)

$$\frac{d}{dt} \int_{x_2}^{x_1} \left(\frac{\rho v^2}{2} + \rho\varepsilon \right) dx = - \rho v \left(\frac{v^2}{2} + w \right) \Big|_{x_1}^{x_2}.$$

Слева изменение прочности в единицу времени на интервале значений прочности x_1 и x_2 . Справа – внутренние напряжения в единицу времени.

Если эффектом механической инерционности системы не пренебрегать, то модель описания долговечности цементно-древесных материалов принимает вид

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\rho v^2}{2} + \rho\varepsilon \right) = - \frac{d}{dx} \left[\rho v \left(\frac{v^2}{2} + w \right) - \chi \frac{dT}{dx} \right], \quad (14)$$

где χ - коэффициент механической инерции рассматриваемых композитов.

В задаче изучения эксплуатационных свойств материалов (таких как долговечность) мы имеем дело с процессами, внешне по описанию являющимися гидродинамическими, однако сходство это только внешнее.

В полученной зависимости отражены все группы факторов, влияющих на состояние цементно-древесных материалов в течение времени, остается только детальное их описание.

Библиографический список

1. Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ (искусственные строительные конгломераты): Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1978, - 339 с., стр. 153 – 155.
2. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. учебное пособие для вузов. - 5-е изд., стереотипное. - М.: «Наука», 1977, 736 с., стр. 154 – 156.

Трофимов С.П. (БГТУ, г. Минск, РБ) tsp46@mail.ru

ТРЕБОВАНИЯ К ДЕРЕВЯННЫМ ЭЛЕМЕНТАМ ОСТЕКЛЕНИЯ БАЛКОНОВ И ЛОДЖИЙ

THE REQUESTS TO WOODEN ELEMENTS OF BALCONY AND LOGGIA GLASS COVER

Остекление балконов и лоджий получает широкое распространение в жилых и общественных зданиях. Оно является элементом архитектурного облика, интерьера среды обитания и решает задачи усиления эффективности ограждающих конструкций (тепло- и шумо-, тепло-, влагоизоляции помещений, уменьшения проникновения пыли извне), удовлетворения бытовых потребностей жильцов.

Под элементом остекления балкона и лоджии понимается составляющая часть наружной ограждающей конструкции здания в соответствующей зоне, предназначенная для сообщения с окружающим пространством, естественного освещения и вентиляции ее и помещений, улучшения защиты от атмосферных, шумовых воздействий и состоящая из рамы (как правило), светопрозрачной части и уплотнения монтажных швов.

Наряду с положительным в остеклении балконов и лоджий существует отрицательное: ухудшение освещенности, вентиляции помещений и условий для эвакуации из них; необходимость принятия дополнительных мер обеспечения надежности, монтажа и безопасной эксплуатации изделий, находящихся на лицевой поверхности зданий с учетом возможных последствий падения разрушившихся элементов.

Элементы остекления балконов и лоджий выполняются из разных материалов, имеют разнообразное архитектурное, конструктивное исполнение и дизайн (их иллюстрируют фотографии). До настоящего времени специфические требования к ним не нормировались. Однако массовое применение элементов остекления в современных условиях требует наличия соответствующих технических нормативных правовых документов (ТНПА). Первый стандарт РБ (СТБ) на эти изделия находится в стадии разработки. СТБ устанавливает общие технические условия на элементы остекления, не предусматривая пока испытания и сертификацию их.



Потребность в деревянных элементах остекления балконов и лоджий сохраняется, хотя их теснят те, что производятся из профильных алюминиевых и поливинилхлоридных (ПВХ) систем промышленного изготовления (ALUTECH, REHAU, MONTBLANC и др.). Последнее объясняется применением дешевого материала

однородного качества, значительным упрощением технологии изготовления, возможностью поставки в разобранном виде (при угловых соединениях на метизах), более длительным сроком эксплуатации или отсутствием необходимости восстановления защитно-декоративного покрытия. Нередко производятся деревоалюминиевые, деревополивинилхлоридные и другие комбинированные конструкции остекления.

Следует отметить, что после длительного периода ослабления контроля и некоторой свободы хозяина жилья остекление балконов и лоджий вновь требует обязательного согласования с органами администрации и архитектурно-строительного надзора. По ряду причин в получении разрешения на выполнение этих работ может быть отказано: памятники зодчества, архитектурные ансамбли, состояние строительных конструкций зданий, намерение инициатора остекления получить дополнительную отапливаемую жилую площадь, ограничение по высоте и этажу размещения, установленное ТНПА (например, в отношении высотных зданий) или возникающее по результатам расчетов ветровых нагрузок и др.

Конструкция, форма и размеры элементов остекления балконов и лоджий должны определяться условиями размещения, монтажа, эксплуатации, дизайна интерьера и архитектурного облика зданий. Специфической особенностью этих изделий является монтаж в нестандартные проемы без четверти, которые, в отличие от оконных, в фактическом ненормируемом исполнении нередко характеризуются значительной вариативностью размеров и геометрии. Все это создает дополнительные трудности в процессе конструирования, изготовления и особенно их монтажа.

В связи с отсутствием ТНПА на изготовление элементов остекления балконов и лоджий основные технические требования на них принимаются по аналогии со стандартом на оконные блоки, но с более низким уровнем физико-механических показателей в части изоляции внутреннего пространства от внешней среды. С введением специального СТБ будут упорядочены технические условия на производство этих изделий.

Требования назначения к элементам остекления по СТБ включают: сопротивление ветровой нагрузке (по стандарту РБ на оконные блоки с учетом СНиП 2.01.07 «Нагрузки и воздействия»); коэффициент пропускания света в зависимости от материала заполнения светопрозрачной части; показатель водопроницаемости (защита от затекания вод атмосферных осадков на площадь балкона или лоджии).

Требования надежности предусматривают: безотказность работы по числу циклов открывания; сопротивление статической нагрузке, действующей в плоскости створки, перпендикулярно ей и на запорные приборы; сопротивление действию момента сил на ручку поворотно-откидного устройства открывания створки и его безотказность, прочность ограничителя угла открывания створки в режиме проветривания.

Требования стойкости к внешним воздействиям элементов остекления балконов и лоджий: повышенная водо- и атмосферостойкость конструкций, применяемых материалов, комплектующих изделий и их сочетаний - на уровне не ниже стандартных показателей окон.

Требования эргономики и эстетики: конструкции остекления элементов балконов и лоджий, их расположение, должны определяться с учетом антропометрических и других характеристик человека, обеспечивать доступность и простоту обслуживания изделий, включая свободный и безопасный доступ к функциональным приборам согласно стандартам в данной предметной области.

Конструктивные требования к изделиям остекления балконов и лоджий: должны обеспечивать надежную установку по месту монтажа и сопряжение при блокировке, сбор, отвод влаги из зон притвора и с нижних направляющих раздвижных створок; иметь отклонения от номинальных размеров в пределах допускаемых, необходимую прочность конструкции и стойкость клеевых соединений; определенные условия применения нащельников, отливов, штапиков, светопрозрачных элементов, крепежных изделий, приборов, герметиков, уплотнителей и компонентов конструкции и крепления. Поставка деревянных изделий осуществляется в собранном виде с шиповыми соединениями на клею.

Конструктивное исполнение элементов остекления балконов и лоджий характеризуется: типом конструкций (преимущественно одинарные); числом рядов остекления (обычно с одним рядом остекления; числом створок в одном ряду остекления (одно-, двух- и многостворчатые); по направлению открывания створок (внутри помещения, наружу и раздвижные); по способам открывания створок (распашные, поворотноткидные, откидные, раздвижные, наклонно-сдвижные, сдвижные поворотноткидывающиеся (гармошкой) и глухие (допускаются при наличии открывающихся и на пути эвакуации); по конструкции притвора створок - безимпостные (штульповые) и с импостами. Для деревянных изделий предпочтительны распашные и раздвижные системы.

Элементы остекления балконов и лоджий, используемых в качестве второго эвакуационного выхода должны иметь не менее 50% общей площади с открывающимися внутрь или с раздвижными створками согласно требованиям СНБ 3.02.04-03 «Жилые здания» действующих в РБ.

Требования к материалам и комплектующим изделиям. На древесину установлены нормы допускаемых пороков и дефектов обработки, а также ограничения по количеству и месту применения клеевых соединений. Влажность древесины коробок, створок и деталей изделий должна обеспечивать возможность соблюдения технологических регламентов их склеивания водостойкими клеями и отделки (12–15 ±3%). Деревянные элементы остекления балконов и лоджий могут быть изготовлены с непрозрачным, прозрачным отделочным покрытием или поставляться потребителю без отделки.

Для заполнения светопрозрачной части элементов остекления балконов и лоджий могут быть предусмотрены: листовое стекло (обычное, закаленное и др.); однокамерный и (или) двухкамерный стеклопакет (допускается по согласованию); листовой пластик (различные виды органического стекла, многоступенчатые поликарбонатные панели и др.).

Фурнитура, комплектующая элементы остекления балконов и лоджий должны соответствовать стандартам и техническим условиям изготовителей, конструкции изделий, обеспечивать безопасность эксплуатации, четкое и надежное выполнение своих функций.

Повышенные требования к обеспечению безопасности элементов остекления балконов и лоджий, как к ограждающей конструкции, устанавливаемой на лицевой поверхности зданий требуют проведения соответствующего анализа сопротивления ее действующим нагрузкам. Он необходим для определения сечений профилей брусков, допустимых по деформациям размеров створок, ограничения высоты применения изделий во взаимосвязи толщины стекла, собственного веса конструктивных элементов и

ветровой нагрузки. При определении параметров сопротивления ветровой нагрузке необходимо учитывать требования СНиП 2.01.07-85** «Нагрузки и воздействия», материалы СНБ 5.05.01-2000 «Конструкции деревянные» и некоторых стандартов на оконные блоки.

Для расчета сопротивления конструкций элементов остекления действующим нагрузкам могут быть использованы традиционные подходы дисциплин технической механики (производители рам из профильных систем обычно пользуются методами сопротивления материалов и выполняют работу в среде электронных таблиц) или средства современных компьютерных технологий, реализующие метод конечных элементов.

Добрачев А.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) a-dobr@mail.ru

КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННОГО ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

THE CLASSIFICATION AND THE CHARACTERISTIC OF INDUSTRIAL WOODEN HOUSING CONSTRUCTION

Промышленное деревянное домостроение обеспечивает изготовление и поставки домов полной (или частичной) комплектации по предварительно согласованным с заказчиками проектам. При этом основным компонентом комплекта являются стеновые элементы, так как фундаменты, крыши, веранды, кровля, отделка, могут различаться в зависимости от фантазии архитектора и запросов потребителя. Поэтому промышленное производство деревянных домов различается видами стеновых материалов, на основании чего и предложена эта классификация. В мировой практике промышленного производства деревянных домов известны пять его основных групп. Ниже приводится краткая классификация видов домостроения и их эксплуатационная оценка.

1. Дома из массивной древесины. Сюда относятся дома из цельной и клееной древесины, которые изготавливаются без использования дополнительно к дереву теплоизоляционных материалов.

1.1. Брусовые дома, изготавливаемые из пиленого бруса древесины преимущественно хвойных пород. В комплект поставки входят брусья (как правило, обозначенные по спецификации), столярно-строительные изделия, лаги перекрытий и бруски стропил, покрытия пола. Промышленное производство таких домов основано на лесопилении и сушке пиломатериалов и постепенно сокращается, т.к. дома затратны в производстве (брус имеет низкий товарный выход из бревна), строительстве, отделке и требуют значительной выдержки на усадку.

1.2. Профильно-брусовые дома изготавливаются из сушеного цельного или склеенного из досок бруса, отпрофилированного по пласти в шип-паз, что существенно облегчает процесс сборки и улучшает теплоизоляцию стен. Брусья стягиваются металлическими шпильками по всей высоте стены, что предотвращает коробление стен и позволяет вводить дом в эксплуатацию по окончании строительства. Производство профилированного бруса требует дорогостоящего оборудования и пиломатериалов вы-

сокого качества, поэтому этот вид домостроения относится к наиболее дорогостоящему.

1.3. Бревенчатые дома изготавливаются из круглых бревен путем оцилиндровки их в один диаметр с фрезерованием продольного укладочного паза и чашек угловых соединений стен. Оцилиндровка бревен диаметром до 280 мм ведется центровым точением бревен кольцевыми головками, на более крупных диаметрах применяется поверхностное фрезерование. Размеры модульных бревен выполняются в соответствии со спецификацией стен и простенков, как и у профильно-брусовых домов. Основная проблема производства оцилиндрованного бревна - необходимость больших объемов бревен одинаковых диаметров. Сборка таких домов несколько проще, чем профильно-брусовых, но эксплуатационные их свойства значительно хуже. Промышленное производство домов из строительных окоренных бревен неактуально.

1.4. Дощато-панельные дома изготавливаются из досок, в том числе низкосортных, в пласти которых предварительно профрезерованы мелкие пазы. Доски набираются в щиты, которые скрепляются в объемную панель алюминиевыми штифтами, после чего поверхностную строжку панели проводят вместе со штифтами. Размеры панели по высоте соответствуют высоте этажа дома, по длине – до 6, 0 м. В панелях фрезеруются стыковочные соединения и выпиливаются проемы окон и дверей.

Известна технология изготовления дощатых панелей с пространственно-ориентированным наполнителем из дощатых отходов. Теплоизолятором в дощато-панельных конструкциях служат воздушные зазоры между досками. Промышленное производство таких домов возможно только при больших сконцентрированных объемах лесопиления, создающих значительное количество некондиции.

Отметим, что для большинства климатических зон России все, кроме последнего, виды домостроения этой группы не обеспечивают теплозащиты в соответствии с новыми СНиПами. Для зоны 1В требуемая толщина брусовой стены составляет 240 мм, а такой брус весьма дорог.

2. Панельное домостроение. Сюда относятся два вида домов: панельные и щитовые.

2.1. Панельные дома изготавливаются на брусовом каркасе с обшивкой его преимущественно плитными материалами с заполнением внутреннего пространства между ними различными волокнистыми, вспененными или воздушно-объемными материалами, служащими основным теплоизолятором. Обшивкой панели может служить плита OSB, ДСтП, ДВП, строительная фанера, строганный погонаж, или просто пиломатериал. Производство, как и строительство таких домов наиболее технологично, дома могут иметь до 4-х этажей. К недостаткам таких домов следует отнести быстрое старение и усадку большинства синтетических наполнителей, поглощение ими влаги и, как следствие, снижение теплозащитных свойств. Панельные дома не выделяются архитектурными достоинствами, но это наиболее дешевый вид домостроения сегодня. Наибольшее количество заводов, построенных в СССР и строящихся в России сейчас относятся к панельному производству домов.

2.2. Сборно-щитовые строения применяются как временные сооружения. Конструкция щитов идентична конструкции панелей, но способы их стыковки и крепления друг к другу различны. Для обшивки щитов применяются пластики, металл, дос-

ки или фанера, а в качестве изолятора – плитные вспененные или рулонные синтетические материалы.

3. Каркасное домостроение относится к наиболее распространенной и многочисленной по видам группе промышленного производства и строительства домов во всем мире.

3.1. Каркасные строения представляют собой пространственный несущий каркас с заполнением проемов его стен брусками, оцилиндрованными модулями, небольшими панелями или объемными блоками из ячеистых бетонов. Соответственно, отсюда их названия: каркасно-брусковые, каркасно-блочные, каркасно-панельные и т.д. В жилищном строительстве применяются редко, но есть предложения по комплектам заводов производства каркасно-панельных домов.

3.2. Каркасно-обшивные дома, у которых несущий каркас обшивается плитными материалами снаружи, затем в стенах закрепляется утеплитель и прошивается внутренняя обшивка. Это наиболее многочисленный вид деревянного домостроения. В отличие от панельного, в котором существует проблема «мостиков холода» в стыках панелей, каркасно-обшивные дома имеют расстыковку швов обшивок, что значительно утепляет стены и укрепляет строение. Каркасно-обшивное строительство отличается разнообразием архитектурных решений и позволяет возводить не только жилье, но при использовании клееных несущих конструкций и строения социально-бытовой и производственной сферы. Поэтому каркасно-обшивные строения могут решать проблему комплексной застройки автономного поселения.

Достаточно распространенным названием «каркасно-панельное строительство» иногда называют панельные дома, производимые индустриальным способом. Очевидно, его можно отнести к отдельному виду конструктивных решений, совмещающих в себе каркасно-обшивные стены и панели перекрытий и перегородок, но в соответствии с основами классификации эти дома относятся к каркасно-обшивным.

3.3. Каркасно-монолитное строительство – наиболее древний вид зодчества. Дома с деревянным несущим каркасом и монолитной заливкой стен известны почти три тысячи лет, а служат они сотни лет. Обшитые по каркасу любой опалубкой, стены этих домов заливаются различными теплоизоляторами: в древности - глино-бутовым раствором, теперь - ячеистыми бетонами, арболитом, королитом, опилобетоном и другими многочисленными теплоизоляционными композитами. Большинство из применяемых для замоноличивания материалов долговечны, не горючи и не гигроскопичны, великолепно адгезируют с древесиной. Имеется множество оборудования для производства и заливки таких материалов в построечных условиях. При этом опалубка может быть несъемной и идти под отделку, а может применяться и как инвентарная, для заливки очередных стен. Дома эти по минимальной стоимости конкурируют с панельными, а архитектурные возможности решения этих строений неисчерпаемы.

4. Композитное домостроение – это производство домов из композитных материалов на основе мелкофракционных отходов древесины с различными связующими.

4.1. Прессово-брусковое производство и строительство основано на изготовлении профилированного композитного бруса методом экструзии. В качестве основы бруса используется древесная щепа, дробленка, опилки, стружка. С удорожанием основного связующего - бишофита производство такого бруса было приостановлено, но

сегодня известны новые связующие компоненты, а отходов древесины в России – тьма! Экструзионный брус не обладает высокими теплоизоляционными свойствами, но очень прочен при надлежащей его защите.

4.2. Сборно-композитное и кладочно-композитное домостроение динамично развивалось в 70-е года прошлого века. Основным материалом служил арболит – композит на основе древесной щепы, стружки, опилок и цемента в качестве их связующего с различными химическими добавками. Сборно-композитные строения изготавливались из панелей, кладочно-композитные – из блоков. Строения, построенные из арболита более 50 лет тому назад, успешно эксплуатируются и сегодня, но индустрия производства композитных строений практически разрушена.

5. Комбинированное домостроение – производство и строительство домов со стенами из профилированного бруса и строительных щитов, пространство между которыми заполнено вспененными изоляционными материалами в качестве утеплителя. Идеология такого строительства была представлена шведскими предпринимателями на выставке «Лесдревмаш – 80», но лишь в 2002 году германская фирма предложила домостроительный комплекс КД-6000 для производства таких домов.

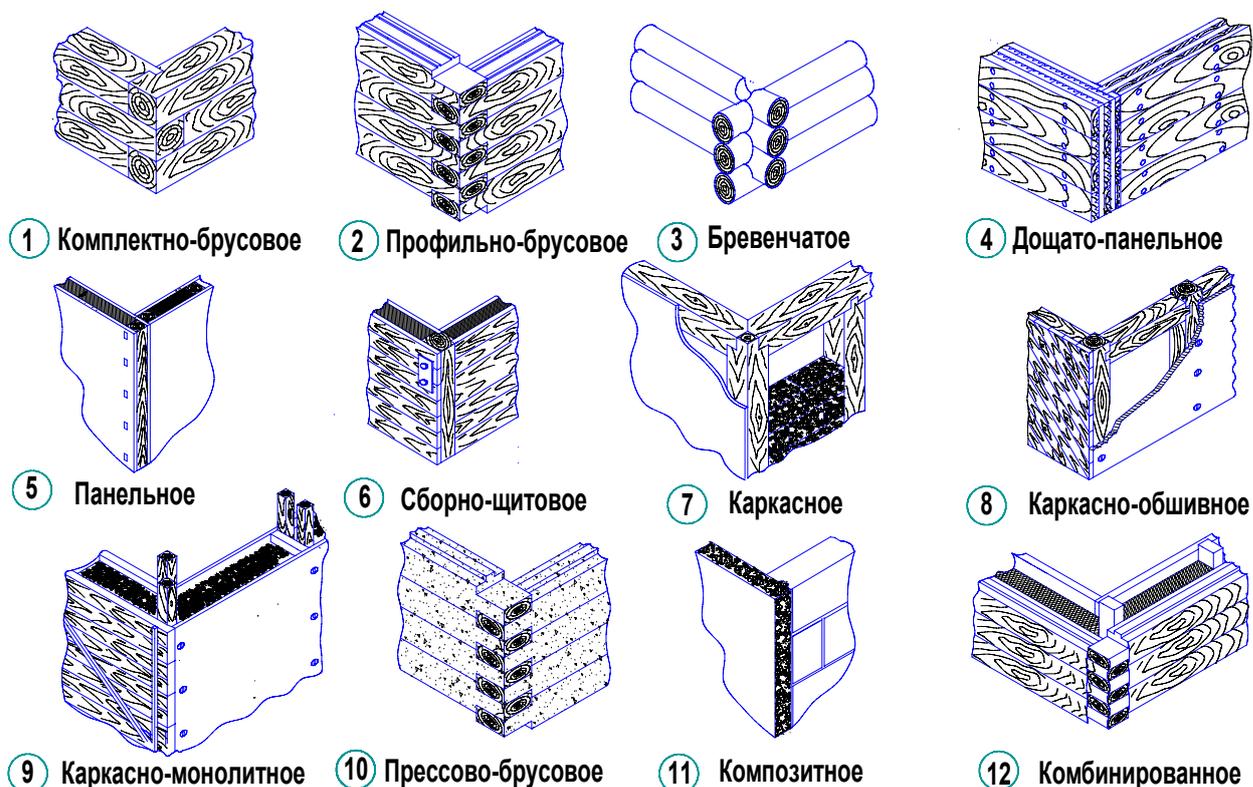


Рисунок – Виды промышленного деревянного домостроения

Для производства несущего каркаса таких строений имеется и отечественное недорогое и эффективное оборудование, производящее одновременно или профильный брус и обшивку типа «блокхаус», а в качестве теплоизоляционного заполнителя может быть рекомендована дешевая эковата – материал на основе отходов целлюлозы. При определенной технологии, исключая коробление и усадку стен, промышленное освоение этого вида домостроения на Урале экономически эффективно.

Имеются простые технические решения по производству и строительству комбинированных строений с применением двойных досок, скрепляемых в углах проушинами, без применения крепежа, с последующим заполнением пространства стен между досками теплоизолятором.

Комбинированное домостроение вполне отвечает требованиям по энергосбережению, но производство, и строительство таких домов дороже каркасного и панельного строительства.

Добрячев А.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) a-dobr@mail.ru

КАРКАСНО-МОНОЛИТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ДОМОВ ЭКОНОМ-КЛАССА

THE FRAME MONOLITHIC CONSTRUCTION OF THE ECONOMY CLASS HOUSES

Промышленное деревянное домостроение в Свердловской области развивается довольно быстрыми темпами. На смену старым домостроительным предприятиям – Талицкому, Юшалинскому и Нижне-Тавдинскому ДОКам, выпускающим ранее комплекты деревянных домов – сборно-щитовых и панельных, пришли новые производители домов из дерева и древесных материалов: ООО «Стройкомплекс Екатеринбург», «Лесные традиции», «Водоканалстрой», фабрика «Возрождение» и многие другие компании, осуществляющие производство и строительство профильно-брусковых, модульно-бревенчатых, панельных и каркасных деревянных домов. Индустриальная основа производства таких строений строится, в основном, на комплексах импортного оборудования, а строительство ведется методом комплексной застройки поселений типа «Галактика», «Сосновый Бор», «Бобры» и многих других коттеджных поселков. При этом подавляющая часть строящихся малоэтажных домов относится к элит-классу строений, рассчитанных на потребителя с высоким достатком, потребителя, вполне обеспеченного жильем в городах. Являясь образцами для развития и продвижения малоэтажного строительства, эти поселки отнюдь не отвечают целям и задачам приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России». Для решения задач, поставленных в проекте необходима пропаганда опыта строительства наиболее востребованного, в соответствии с социально-экономической ситуацией в области, дешевого жилья эконом-класса и социального жилья. К таким видам строительства относятся каркасное, каркасно-обшивное, кладочно-композитное, комбинированное и каркасно-монолитное. Эти виды строений могут использоваться как при строительстве организованных поселений, так и в индивидуальном строительстве; которое наиболее вероятно продвинет темпы удовлетворения жильем подавляющей части нуждающихся.

Нашими исследованиями и опытом строительства установлено, что из всех видов малоэтажного домостроения наиболее перспективным и экономичным является производство и строительство домов каркасно-монолитной конструкции, в связи с наименьшим расходом лесоматериалов, простотой изготовления деревянных конструк-

ций каркаса и высокой скоростью возведения. В основу предлагаемой технологии строительства заложены фахверковые дома, которые столетиями возводились в странах Западной Европы. Каркасно-монолитные дома могут собираться непосредственно на строительной площадке, либо монтируются из узлов, изготовленных в промышленных условиях. Каркас дома изготавливается из нестроганых пиломатериалов влажностью 20%. Устойчивость каркаса под воздействием всех видов нагрузок обеспечивается диагональными раскосами, верхней и нижней обвязками стоек и обшивкой. Деревянный каркас обшивают с двух сторон плитными или погонажными материалами, при этом опалубка может быть как съёмной, так и несъёмной. Внутреннее пространство наружных стен заполняется эффективным утеплителем – ячеистыми бетонами - при помощи мобильных установок различных типов и конструкций. Поскольку для условий Среднего Урала расчетная толщина пенобетонной стены составляет 350 мм, стоимость такой стены ниже кирпичной кладки в два раза, а срок эксплуатации ее неограничен. Подготовка и заливка неавтоклавного пенобетона в стены и перекрытия осуществляется на месте малогабаритными установками, следовательно, кроме деревянных заготовок и столярки на стройплощадку завозится только песок, цемент, плиты опалубки и кровля. При использовании газобетона применяются обычные бетономешалки и растворонасосы для заливки.

Применение легких ячеистых бетонов – пенобетона, пеностиролбетона, пеноопилбетона, газобетона в качестве монолитного заполнителя в стеновых конструкциях и перекрытиях делает дом долговечным, теплым, негоримым, в таком доме сохраняется великолепный микроклимат в связи с естественным воздухообменом. Отметим, что физико-механические и теплофизические свойства пенобетона близки к свойствам древесины, эти материалы прекрасно адгезируют. Технологическая оснастка каркасно-монолитного строительства может быть рассчитана на производство стеновых конструкций любых форм и с любым углом сопряжения и высотой до трех этажей. Поэтому архитектурно-планировочные решения таких строений неисчерпаемы, а применение клееного конструкционного бруса позволяет вести комплексную застройку не только жилыми зданиями, но и объектами бытовой и социальной сферы. Благодаря своей легкости каркасные здания не нуждаются в массивных фундаментах. Возведение каркасно-монолитных домов не требует применения тяжелой строительной техники – экскаваторов и кранов, транспортная составляющая строительства ничтожна, что существенно сказывается на стоимости домов. Каркасные дома практически не подвержены осадке, поэтому их отделку можно начинать сразу же после завершения сборки и замощивания стен и перекрытий.

Технология строительства каркасно-монолитных домов предусматривает строительство несущего каркаса, крыши и кровли сразу после выдержки фундамента. Перед монтажом каркаса его нужно обработать антиперен-антисептиком. В качестве наружной обшивки используются асбоцементные листы (АЦЛ), ориентированно-стружечные (ОСБ) и цементно-стружечные (ЦСП) плиты, влагостойкая фанера, деревянный строганный погонаж, сайдинг, доска «блокхаус», имитирующая рубленый дом, любой вид отделочного кирпича, а также специальная пластмасса и штукатурка. Для внутренней отделки применяются дерево, гипсокартон, мокрая отделка с обоями или под окраску.

Разрез строения каркасно-монолитного типа представлен на рисунке.

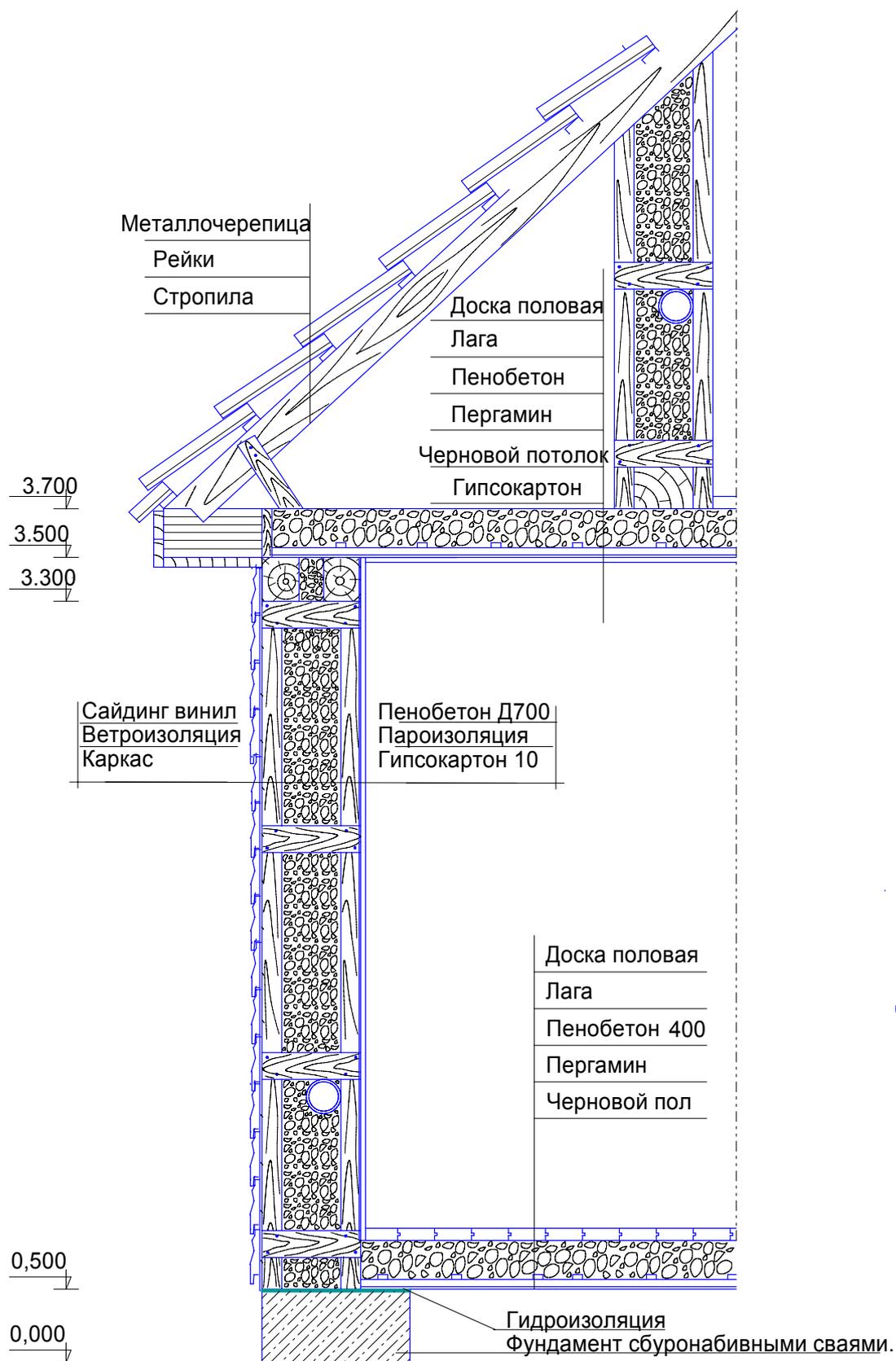


Рисунок – Разрез каркасно-монолитного строения

При использовании плит ЦСП или АЦЛ в качестве наружной опалубки не требуется применения ветрозащитных пленок, но парозащита на внутренних обшивках обязательна. При несъемной обшивке стен листами АЦЛ их поверхностную отделку

производят акриловыми модифицированными красками, пластиками, мраморной крошкой или керамогранитной плиткой. При этом дома, особенно имеющие внутреннюю отделку деревом и сохраняющие все преимущества деревянных, смотрятся весьма респектабельно и служат веками.

Продолжительность строительства в основном зависит от объема работ, связанных с возведением фундаментов, заливкой пенобетона, внутренней и наружной отделкой, прокладкой коммуникаций и установкой оборудования. Как показывает опыт строительства, коробку дома площадью 100 кв. м. под крышу заканчивают в течение 10 дней бригада из 4-х человек. Заливку пенобетона обеспечивает бригада из трех человек при использовании серийной установки БС-0,25 за шесть дней. Стоимость всего комплекта мобильного оборудования для заливки пенобетона – 150000 рублей. Оборудование весит 0,5 тн. и умещается в кузове грузовой «Газели».

Стоимость 1 кв.м. каркасно-монолитного строения составляет 13-14 тыс. рублей. Производственные мощности такого домостроения требуют затрат только на лесопиление, столярку и мобильную установку изготовления неавтоклавного пенобетона, поэтому такой вид домостроения является наиболее прибыльным и наименее капиталоемким. В соответствии с этим, каркасно-монолитное строительство может быть освоено в небольших городах, лесных поселках и агропромышленном комплексе, где другие виды домостроения дороги и неэффективны.

Библиографический список

1. Добрачев А.А. Перспективы промышленного деревянного домостроения: Ж. Стройкомплекс Среднего Урала. Екатеринбург, №4, 2007 Стр. 31-34.
2. Бетоны ячеистые неавтоклавные ГОСТ 25485-82.
3. Панели из автоклавных ячеистых бетонов для наружных стен зданий по ГОСТ 11118—73.

Лабутин С.Е., Ермаков Е.С. (ООО Научно-внедренческий центр «ГеоС», г. Нижний Новгород, РФ) geos@geos.nnov.ru

САПР «КЗ-КОТТЕДЖ»: ПРЕДЛОЖЕНИЕ, ПОДСКАЗАННОЕ СПРОСОМ

CAD “K3-COTTAGE” THE OFFER SUGGESTED BY DEMAND

В соответствии с Федеральной целевой программой «Доступное жилье» правительства многих административных единиц Российской Федерации осуществляют поддержку малоэтажного коттеджного строительства, в том числе и деревянного домостроения. В связи с этим значительно увеличилось количество предприятий, работающих в данной области.

Современное производство домов из оцилиндрованного бревна и профилированного бруса опирается на использование высокотехнологического производственно-

го оборудования. Для эффективной работы такой техники необходим высокий уровень подготовки рабочей документации, которого можно достичь только при использовании современных компьютерных технологий.

Применение передовых методов проектирования и подготовки производства деревянных домов требует, чтобы производственно-строительные компании были укомплектованы квалифицированными кадрами, владеющими современными компьютерными технологиями в данной отрасли. Рынок труда испытывает острый дефицит таких специалистов. Поэтому перед профильными высшими и средними специальными учебными заведениями России стоит задача подготовки и выпуска нового поколения специалистов. В связи с этим чрезвычайно важно, чтобы сами учебные заведения были оснащены современными программно-информационными комплексами, и их преподаватели владели как теоретическими, так и практическими вопросами проектирования, производства и строительства деревянных домов.

Для решения выше обозначенных задач группа компаний «ГеоС» предлагает разработанный ею программный продукт – САПР «КЗ-Коттедж». Система позволяет автоматизировать процесс получения конструкторско-технологической документации, необходимой для производства домов из оцилиндрованного бревна и профилированного бруса. В САПР «КЗ-Коттедж» учтены все особенности современного деревянного домостроения. Она многофункциональна, проста в освоении и удобна в эксплуатации. Дополнительные модули к системе обеспечивают прямую передачу данных на оборудование с ЧПУ.

Стоит отметить, что САПР «КЗ-Коттедж» является полностью российской разработкой и не имеет аналогов на отечественном рынке. Система не только ни в чем не уступает подобным зарубежным программам, а по некоторым параметрам превосходит их. Стоимость же САПР «КЗ-Коттедж» существенно ниже стоимости зарубежных аналогов.

На данном этапе преимущества программы смогли оценить уже более 100 российских предприятий и компаний стран СНГ, занимающихся малоэтажным коттеджным строительством. Использование САПР «КЗ-Коттедж» позволило им значительно сократить сроки цикла проектирования и подготовки производства, увеличить объемы строительства, сократить издержки и избежать многих ошибок. Опыт пользователей программы учитывается при создании каждой новой версии. Разработчики САПР «КЗ-Коттедж» всегда готовы к диалогу.

На наш взгляд САПР «КЗ-Коттедж» является достойным предложением вузам страны. Группа компаний «ГеоС» готова к сотрудничеству в области внедрения системы в учебный процесс и подготовки профессорско-преподавательского состава.

Теперь о системе подробнее.

Посредством САПР «КЗ-Коттедж» предприятиям предлагается технология «От трехмерной модели к двумерным чертежам». Речь идет об автоматическом получении необходимых чертежей и отчетов по созданной средствами системы компьютерной модели проектируемого сооружения.

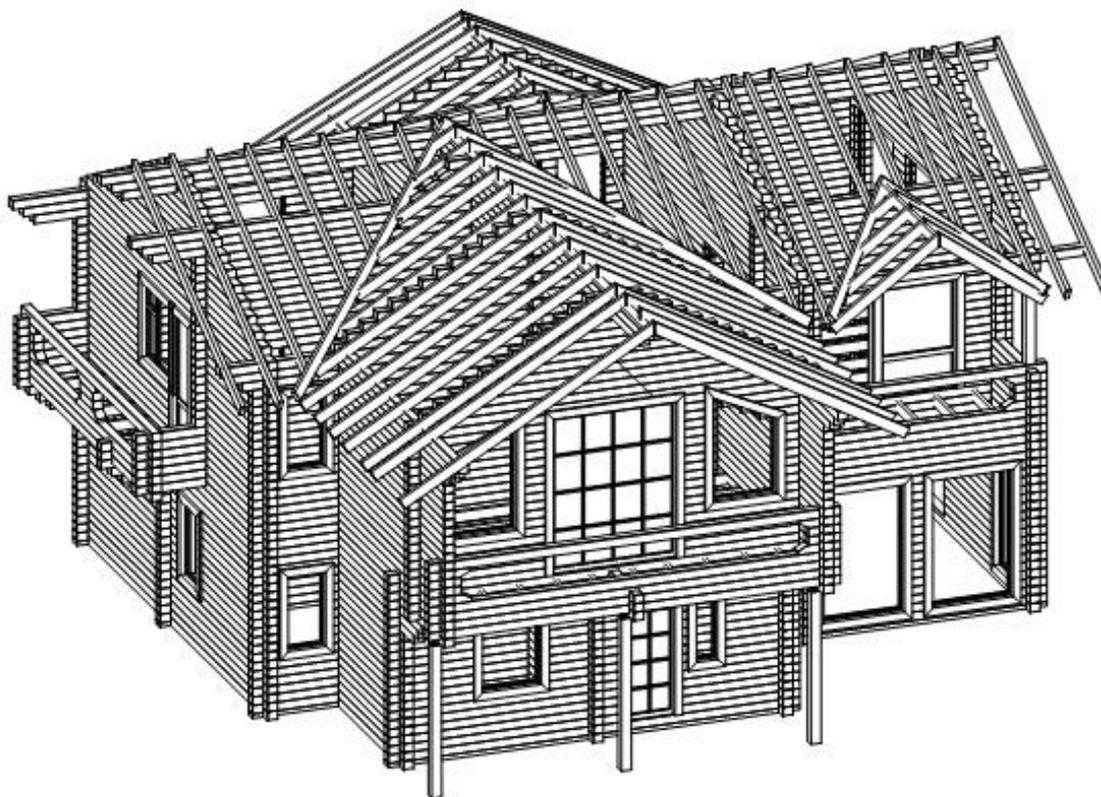


Рисунок 1 – Компьютерная модель дома

Технология «От трехмерной модели к двумерным чертежам» имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с традиционной разработкой чертежно-графической, табличной и текстовой документации, а именно:

- высокая скорость создания проекта и подготовки комплекта документации;
- наглядность и точность представления модели дома как для заказчика, так и для производства;
- по трехмерной модели можно однозначно получить чертежи изделия и другую документацию, а наоборот – не всегда;
- мобильность: возможность быстрого внесения изменений в проект и высокая скорость подготовки исправленного комплекта документации.

Последний пункт особенно актуален в связи с тем, что деревянное домостроение направлено на индивидуальный сектор, и процесс согласования проекта с заказчиком проходит здесь ряд итераций.

Процесс проектирования здания в «КЗ-Коттедж» состоит из нескольких этапов:

1. Задание технологических параметров производства.
2. Построение стен.
3. Установка проемов, задание консолей.
4. Построение балок.
5. Расстановка столбов.
6. Автоматическая расстановка венцовых пазов.
7. Расстановка нагелей, шпилек (автоматический и ручной режимы).

8. Интеллектуальное деление длинных бревен (автоматический и ручной режимы).

9. Работа с досками (полы, потолки, элементы стропильной конструкции и т.д.).

10. Автоматическое получение необходимой документации для изготовления, комплектации и строительства здания. По готовой трехмерной модели изделия конструктор в автоматическом режиме может получить следующие документы:

– Спецификация стеновых элементов - таблицы чертежей бревен («побревенка»)

Спецификация стеновых элементов

Позиция:	Длина	Шт.	Схема
Стена1. Материал: бревно 220.			
1_1_1	6000	1	
1_2_1, 1_4_1, 1_6_1	6000	3	
1_3_1, 1_5_1, 1_15_1	6000	3	
1_7_1	6000	1	
1_8_1, 1_10_1, 1_12_1	1320	3	

Рисунок 2 – Фрагмент отчета «Таблица бревен»

- Таблица досок (спецификация с чертежами)
- Таблица торцов и пазов
- Таблица раскроя бревен для минимизации отходов

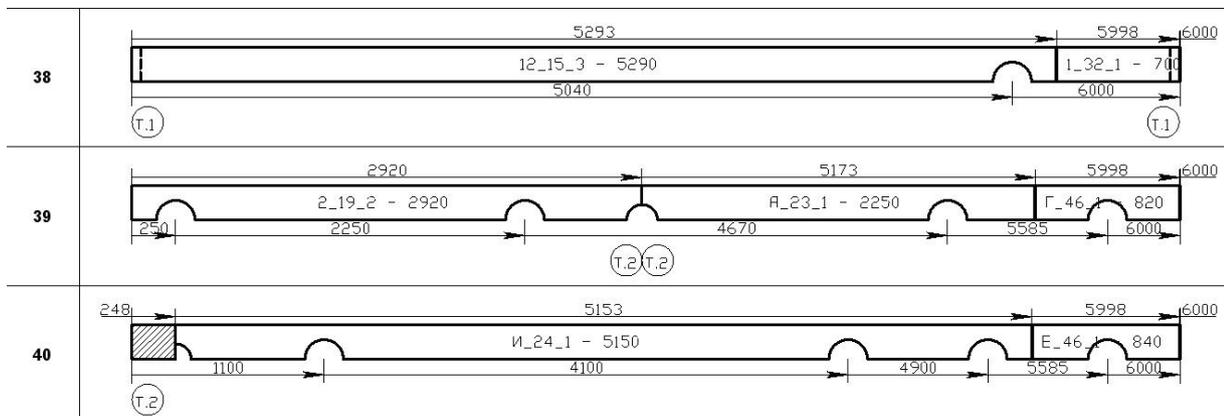


Рисунок 3 – Фрагмент из карты раскроя

- Планы этажей
- Планы балок
- Развертки стен
- Планы по венцам
- Ведомость материалов

11. Выдача управляющих программ для оборудования с ЧПУ (при стыковке со станками).

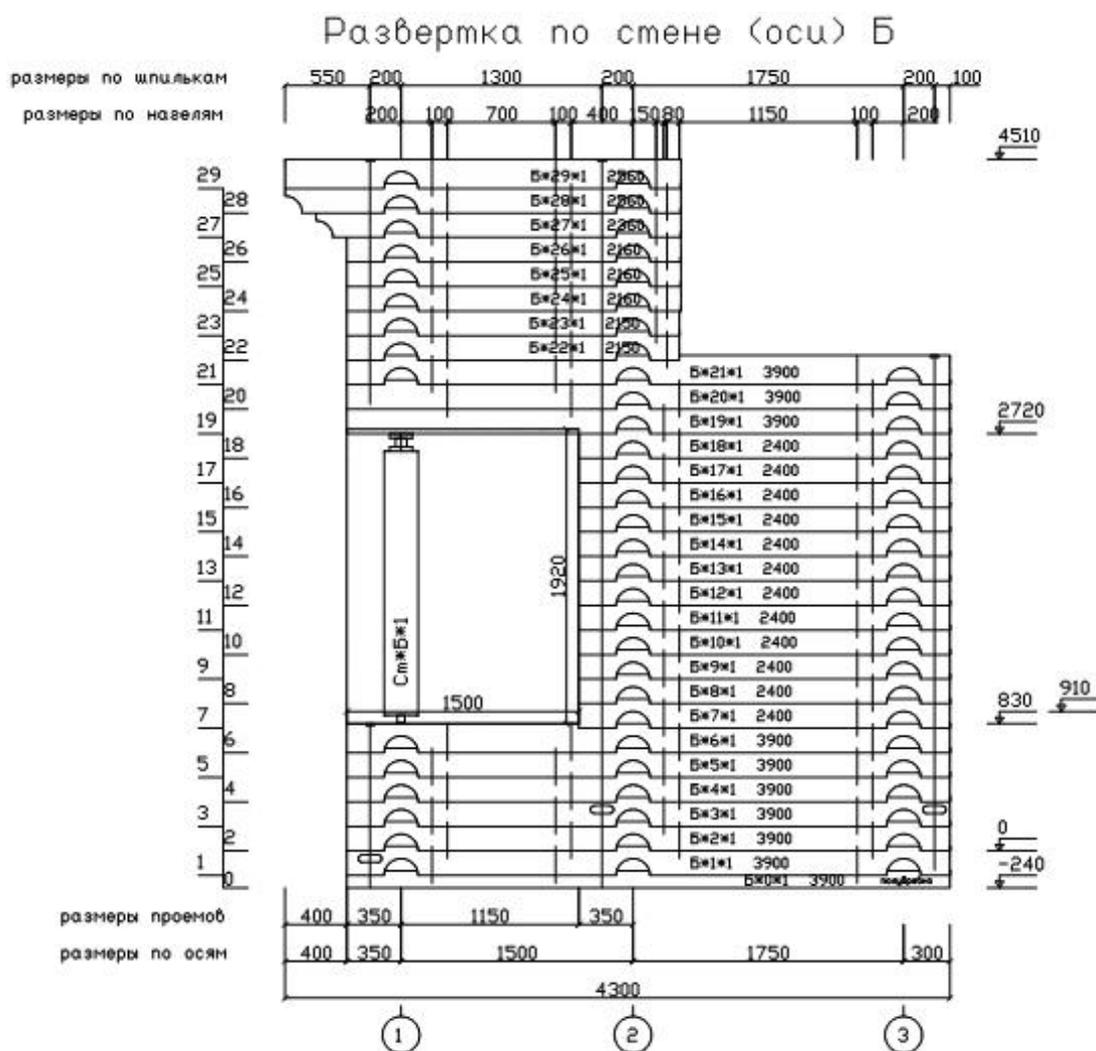


Рисунок 4 – Пример отчета «Развертки стен»

Обобщая сказанное, еще раз обозначим преимущества, которые дает предприятиям использование САПР «КЗ-Коттедж»:

- сокращаются временные и трудовые затраты на подготовку проектной и конструкторско-технологической документации, тем самым уменьшается себестоимость будущего сооружения;
- повышается качество проектирования и точность работы: если в проекте дома допущена ошибка, она сразу же будет видна;
- при внесении изменений в проект не нужно заново переделывать рабочую документацию – она будет автоматически исправлена и подготовлена программой во временном интервале от нескольких минут до нескольких часов.

**Прогрессивное деревообрабатывающее
оборудование и инструмент**

Сулинов В.И., Гороховский А.К. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

**ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА ФРЕЗ НА ТОЧНОСТЬ ПРОЦЕССА
ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ**

*INFLUENCE OF MILLS DETERIORATION ON ACCURACY OF
WOOD MILLING PROCESS*

Фрезерный инструмент после заточки и доводки имеет радиус затупления порядка $\rho_1 = 5 \dots 10$ мкм. По мере износа и вызванного им затупления инструмента радиус ρ увеличивается.

Предельно допустимый радиус затупления зубьев фрез составляет $\rho_2 = 30 \dots 40$ мкм. [1].

Как известно, на производстве используют технологический критерий периода стойкости инструмента. Это значит, что инструмент работает до тех пор, пока один из технологических параметров, таких как точность обработки, качество поверхности, мощность привода, прочность и устойчивость самого инструмента и т.д. не достигнет своего критического значения.

Подробнее рассмотрим такой технологический параметр стойкости инструмента как точность обрабатываемых деталей.

Очевидно, что по мере затупления лезвия происходит уменьшение радиуса резания на величину $\Delta R = R_1 - R_2$,

где R_1 – начальный радиус резания;

R_2 – радиус резания после затупления лезвия.

В какой мере этот процесс может сказаться на формировании размера детали?

Из рисунка видно, что $AC = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\sin \frac{\beta}{2}}$.

$$\text{Далее определим, что } AB = \frac{(\rho_2 - \rho_1) \cos(\gamma + \beta/2)}{\sin \frac{\beta}{2}}, \quad (1)$$

$$BC = \frac{(\rho_2 - \rho_1) \sin(\gamma + \beta/2)}{\sin \frac{\beta}{2}}. \quad (2)$$

Приведем числовое решение поставленной задачи для типичного ножевого вала рейсмусового станка. При этом будем иметь следующие исходные данные : $\rho_1 = 5$ мкм, $\rho_2 = 40$ мкм, углы резания $\gamma = 30^\circ$; заточки

$\beta = 40^\circ$, исходный радиус резания $R_1 = 64$ мм.

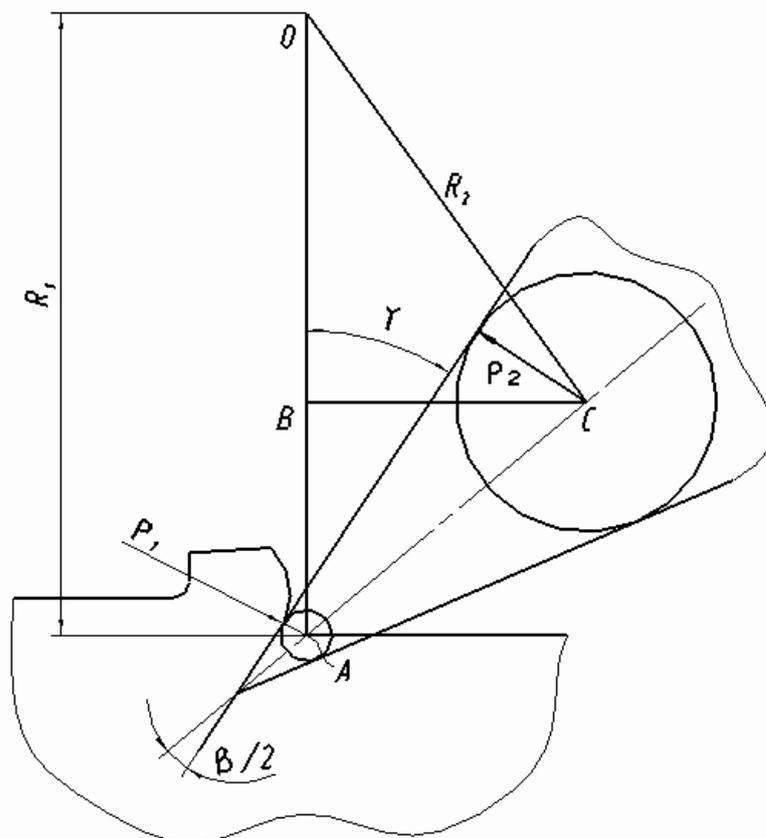


Рисунок – Схема по определению влияния затупления лезвия фрезы на точность обрабатываемой детали

После подстановки числовых значений в формулы 1 и 2 получим :

$$AB = 65,7 \text{ мкм} = 0,0657 \text{ мм} \text{ и } BC = 78,3918 \text{ мкм} = 0,07839 \text{ мм}$$

Далее $OB = R_1 - AB = 63,9343 \text{ мм}$,

$$R_2 = \sqrt{OB^2 + BC^2} = 63,934 \text{ мм}$$

В результате $\Delta h = R_1 - R_2 = 0,066 \text{ мм}$ или $\Delta h = 66 \text{ мкм}$.

Если сравнить полученное значение ΔR с предельными отклонениями, которые назначают для достаточно точных изделий из древесины, то увидим, что данный фактор отнюдь не является лимитирующим.

Например, для деталей с размерами по высоте от 18 до 30 мм, изготовленными в рамках 13 качества, предельные отклонения составляют $\pm 165 \text{ мкм}$, что на много превышает полученное значение $\Delta R = 66 \text{ мкм}$.

Однако если учесть, что в современных продольно-фрезерных станках, особенно зарубежного производства широко используют технологию прифуговки лезвий фрезы, фактор уменьшения радиуса резания ΔR скорее всего придется учитывать.

По данным последних публикаций [2] глубина прифуговки (обозначим ее значком Δ) ограничивается шириной образующейся на задней грани лезвия фаски $A \leq 0,5 \text{ мм}$.

По данным кафедры Станков и инструментов УГЛТУ [3] взаимосвязь этих параметров достаточно корректно определяется из формулы

$$\Delta = \frac{A}{[\operatorname{tg}(\beta + \gamma) - \operatorname{tg}\gamma]} \quad (3)$$

Если задаться предельным значением ширины фаски $A = 0,5$ мм, то для рассматриваемого случая глубина прифуговки составит $\Delta = 0,23$ мм или $\Delta = 230$ мкм.

Эта величина уменьшения радиуса резания вполне сопоставима со значениями предельных отклонений для изделий из древесины.

Следовательно, можно сделать следующий вывод. Если учитывать совокупно два фактора: уменьшение радиуса резания вследствие затупления лезвий, а также вследствие операции прифуговки, то корректировка в позиционировании системы станок-инструмент-деталь окажется вполне закономерной.

Библиографический список

1. Зотов Г.А., Швырев Ф.А. Подготовка и эксплуатация дереворежущего инструмента. М.: Лесн. Пром-сть, 1986.
2. Амалицкий В.В., Амалицкий В.В. Оборудование отрасли. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005.
3. Сулинов В.И. О допустимой неточности сборных фрез перед операцией прифуговки. Сборник научных трудов ф-та МТД. Екатеринбург, 2005.

Адилов С. Г. (НГТУ, г. Нижний Новгород, РФ)

spartakchamp2004@yahoo.com

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

FEATURES OF CHIP FORMATION AT ULTRASONIC-ASSISTED WOOD CUTTING

Принципиальной особенностью ультразвуковой механической обработки является то, что на обычную кинематическую схему процесса накладываются дополнительные ультразвуковые колебания формообразующего инструмента [4]. Наибольший интерес для исследования представляет резание с наложением тангенциальных ультразвуковых колебаний, когда направление колебаний совпадает с направлением вектора основной скорости резания (см. рисунок) и при определенном соотношении между основной постоянной скоростью резания v_p , м/с, а также частотой f_k , Гц, и амплитудой a_k , м, ультразвуковых колебаний [2] процесс будет иметь прерывистый характер. В течение части периода колебаний лезвие движется в обратную сторону от обрабатываемого материала и резание (по крайней мере передней гранью) не осуществляется.

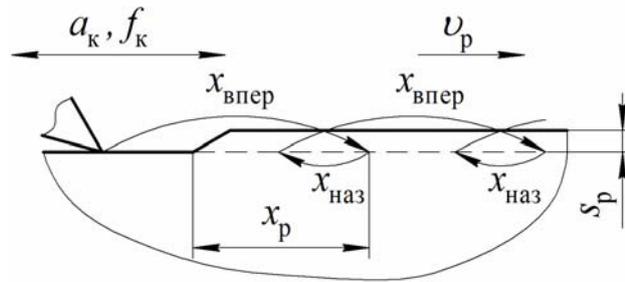


Рисунок – Схема ультразвукового резания древесины

Резание с наложением тангенциальных ультразвуковых колебаний является резанием с переменной скоростью и переменным ускорением. При таком резании может образовываться как сливная, так и элементная стружка. Причем в сливной стружке есть зачатки элементной, поскольку процесс резания периодический. По-видимому, определяющим здесь будет динамика протекания процесса стружкообразования (скорость протекания деформации). Большие ускорения при резании провоцируют неоднородности, что приводит к разрушению стружки и образованию отдельных элементов. Поэтому представляется важным предложить критерий стружкообразования при ультразвуковом резании древесины.

Величина пути резания (когда непосредственно осуществляется процесс резания) за один период колебаний при ультразвуковом резании с наложением тангенциальных ультразвуковых колебаний определяется по формуле [2]:

$$x_p = \frac{v_p}{f_k}. \quad (1)$$

При тех кинематических параметрах, при которых осуществляется ультразвуковое резание (частота колебаний не менее 18 кГц, амплитуда колебаний 10...30 мкм) эта величина очень мала и соизмерима с амплитудой колебаний, то есть близка к размерам клетки древесины. Очевидно, что она не может дать информацию о процессе стружкообразования по критерию М. А. Дешевого [3] поскольку в данном случае нельзя использовать физико-механические свойства древесины, которые являются усредненными величинами, характеризующими свойства большого объема древесины, а не отдельной клетки.

Для характеристики динамики процесса стружкообразования можно предложить критерий, который характеризует объем срезаемого материала в единицу времени

$$k_{стр} = \frac{x_p \cdot b_p \cdot s_p}{t_p}, \quad (2)$$

где b_p – ширина резания, м;

s_p – глубина резания, м;

t_p – временем непосредственного контакта передней грани резца и обрабатываемого материала (временем резания) за один период колебаний, с.

Близкий критерий был предложен и экспериментально подтвержден в работе [6] при ультразвуковом резании карбида вольфрама.

При резании с постоянной глубиной и шириной резания критерий стружкообразования можно записать через значение средней скорости деформирования $v_{\text{деф}}$, м/с, в виде:

$$v_{\text{деф}} = \frac{x_p}{t_p} \lessgtr v_{\text{деф кр}}, \quad (3)$$

где $v_{\text{деф кр}}$ – критическое значение скорости деформирования, м/с.

При значении средней скорости деформирования большем некоторого критического значения образуется элементная стружка, а в остальных случаях – сливная. Значение критической скорости деформирования зависит от обрабатываемого материала, условий резания, а также от направления резания относительно волокон и определяется экспериментально.

Время непосредственного контакта резца и обрабатываемого материала за период колебаний при простом резании древесины без учета ее восстановления при обратном ходе резца t_p , с, определяется из решения системы уравнений [1]:

$$\begin{cases} v_p \cdot (T_k - t_p) + a_k \cdot \left(\cos(2 \cdot \pi \cdot f_k \cdot (t_p - t_{\text{п}})) - \cos(2 \cdot \pi \cdot f_k \cdot t_{\text{п}}) \right) = 0, \\ t_{\text{п}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_k} \cdot \arcsin \left(\frac{v_p}{2 \cdot a_k \cdot \pi \cdot f_k} \right). \end{cases} \quad (4)$$

Особое внимание при анализе формул (1), (3) и (4) необходимо уделить амплитуде ультразвуковых колебаний, поскольку с ее увеличением время резания уменьшается по экспоненциальному закону, а величина пути резания остается неизменной. Кроме того, амплитуду достаточно просто менять путем изменения подводимой мощности ультразвуковых колебаний или применением специальных трансформаторов. Изменение амплитуды колебаний является самым простым способом влияния на форму стружки при ультразвуковом резании древесины.

В настоящее время авторами разрабатывается и изготавливается экспериментальная установка для проверки вышеуказанных положений. Можно отметить, что в работе [5] приведены результаты экспериментов по ультразвуковому алмазному точению прозрачных полимеров (что в какой-то мере сравнимо с резанием древесины) применяемых для изготовления линз. Частота колебаний 20 кГц, амплитуда колебаний 13,2 мкм, глубина резания 0,01 мм, подача 0,073 мм/об. При изменении скорости резания в от 44 до 1,1 м/мин наблюдалась изменение формы стружки от элементной к сливной. При этом расчеты по формулам (1), (3) и (4) дают изменению средней скорости деформирования от 1,67 до 0,30 м/с, то есть форма стружки изменяется с уменьшением скорости стружкообразования. Критическое значение скорости деформирования в этом случае примерно равно 0,5 м/с.

В заключение необходимо отметить, что на основании указанного критерия можно управлять процессом стружкообразования. При закрытом резании древесины (например, пилении) выгоднее образование элементной стружки, поскольку это улучшает условия заполнения межзубной впадины. При открытом резании эффективнее образование сливной стружки, так как это улучшает качество обработанной поверхности.

Библиографический список

1. Адиков, С. Г. Определение времени контактного взаимодействия при резании с наложением на инструмент тангенциальных ультразвуковых колебаний / С. Г. Адиков // XI нижегородская сессия молодых ученых. Технические науки: Материалы докладов. – Н. Новгород: Изд. Гладкова О. В., 2006. – 197 с.: ил. – С. 117.
2. Кумабэ, Д. Вибрационное резание / Перевод с яп. С.Л. Масленникова; Под ред. И.И. Портнова и В.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.: ил.
3. Любченко, В. И. Резание древесины и древесных материалов: Учебник для вузов / В. И. Любченко. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: МГУЛ, 2004. – 310 с.: ил.
4. Нерубай, М. С. Физико-технологические методы обработки и сборки / М. С. Нерубай, В. В. Калашников, Б. Л. Штриков, С. И. Ярьско. – М.: Машиностроение-1, 2005. – 396 с.: ил.
5. Kim, J. D. Characteristics of Chip Generation by Ultrasonic Vibration Cutting with Extremely Low Cutting Velocity / J. D. Kim, I. H. Choi // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 1998. – Vol. 14, № 1. – P. 2-6.
6. Liu, K. Study of ductile mode cutting in grooving of tungsten carbide with and without ultrasonic vibration assistance / K. Liu, X. P. Li, M. Rahman, X. D. Liu // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2004. – Vol. 24, № 5-6. – P. 389-394.

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ПРОДОЛЬНОЕ ПИЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПИЛОЙ С КОМБИНИРОВАННЫМИ ЗУБЬЯМИ

LONGITUDINAL WOOD CUTTING BY THE SAW WITH COMBINED TEETH

Для продольного пиления древесины используют пилы с различными зубьями: плющеными, разведенными, оснащенными пластинками твердого сплава, с косой заточкой и т.д. Одной из задач процесса пиления является снижение энергопотребления. Для решения такой задачи зубья пилы выполняют с косой заточкой: поочередно с правой и левой заточкой. При пиление на таких зубьях возникают поперечные составляющие силы резания, которые раскачивают пилу в поперечном направлении, вызывают вибрацию пилы. Для гашения поперечных колебаний пилы за зубьями с косой заточкой один зуб делают прямой, укороченный по высоте. Таким образом, зубья пилы могут быть выполнены по схеме: зуб с косой правой заточкой, зуб укороченный прямой, зуб с косой левой заточкой, зуб укороченный прямой и т.д.

На рис. 1, *a* показаны профили зубьев пилы в пропиле, на рис. 1, *б* – сечения срезаемых слоев зубьями при одинаковой подаче на зуб. Срезаемые слои разрезаны плоскостью параллельной вектору скорости подачи и перпендикулярной стенкам пропила. Ширина пропила равна *b*.

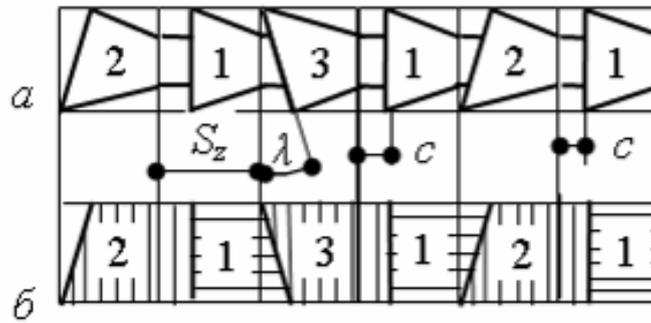


Рисунок 1 – Поперечные сечения срезаемых слоев:
а – зубчатая кромка пилы; б – сечения срезаемых слоев

Найдем площадь S поперечных сечений срезаемых слоев для зубьев:

– зуб 1 укороченный с прямой заточкой:

$$S = S_z b - cb + 0,5b^2 \operatorname{tg} \lambda; \quad (1)$$

– зуб 2 с косой левой заточкой:

$$S = S_z b + cb - 0,5b^2 \operatorname{tg} \lambda; \quad (2)$$

– зуб 3 с правой косой заточкой: $S = S_z b + cb - 0,5b^2 \operatorname{tg} \lambda$.

Анализируя формулы (1) и (2), отметим следующее.

При величине укорочения прямого зуба $c = 0$ $S_1 > S_2$ на $b^2 \operatorname{tg} \lambda$.

При $cb = 0,5b^2 \operatorname{tg} \lambda$ или $c = 0,5b \operatorname{tg} \lambda$ $S_1 = S_2 = S_3 = S_z b$. Это оптимальный случай, когда площади срезаемых слоев прямым укороченным и косыми зубьями равны. Для этого случая

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{2c}{b}, \quad (3)$$

где λ – угол наклона режущей кромки зуба с косой заточкой.

Можно принимать значение c из ряда (рис. 2):

$$c = 0,5S_z; \quad c = S_z; \quad c = 1,5S_z; \quad c = 2S_z. \quad (4)$$

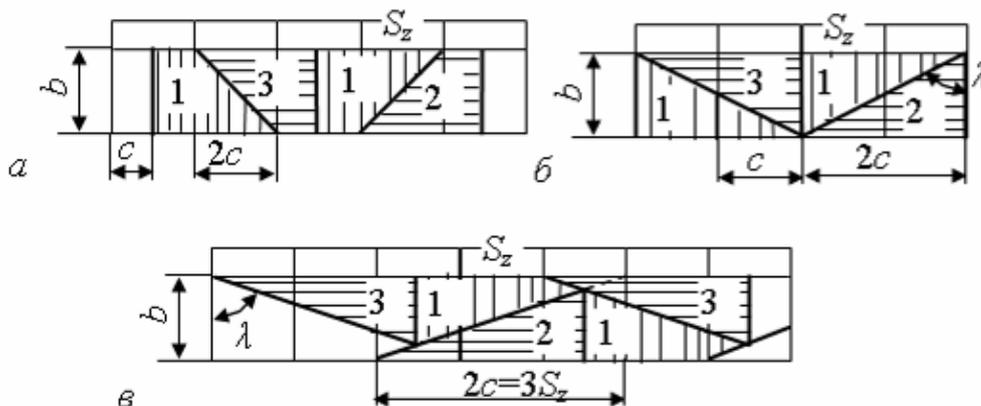


Рисунок 2 – Поперечные сечения срезаемых слоев при укорочении прямого зуба: $a - c = 0,5S_z$; $b - c = S_z$; $v - c = 1,5S_z$

При укорочении прямых зубьев $c = 0,5S_z$ и $c = S_z$ рабочая часть режущих кромок всех зубьев проходит от левой до правой стенок пропила. Площади срезаемых слоев всеми зубьями одинаковы и равны $S_z b$. Проекция рабочей части режущих кромок всех зубьев на направление ширины пропила равна b .

При укорочении прямых зубьев $c > S_z$ рабочие части режущих кромок зубьев не формируют одновременно обе стенки пропила. Площади срезаемых слоев прямыми зубьями стали меньше соответствующих площадей, срезаемых зубьями с косой заточкой (табл. 1). Проекция рабочей части режущих кромок зубьев на направление ширины пропила меньше b .

Среднее значение подачи на зуб определим как отношение площади к ширине пропила. При выполнении условия (3), т.е. при $c = 0,5S_z$ и $c = S_z$ для всех зубьев

$$S_{zcp} = S_z b / b = S_z .$$

Для других условий значения S_{zcp} находятся по данным табл. 1.

Таблица 1 – Параметры срезаемых слоев

Параметры	$c = 1,5S_z$		$c = 2,0S_z$	
	Зуб прямой	Зуб косой	Зуб прямой	Зуб косой
Площадь	$2,875S_z^2 ctg\lambda$	$3,125S_z^2 ctg\lambda$	$3,5S_z^2 ctg\lambda$	$4,5S_z^2 ctg\lambda$
Проекция рабочей части режущей кромки на направление b	$2,5S_z ctg\lambda$	$2,5S_z ctg\lambda$	$3S_z ctg\lambda$	$3S_z ctg\lambda$
Среднее S_{zcp} слоя	$1,15 S_z$	$1,25 S_z$	$1,17 S_z$	$1,5 S_z$

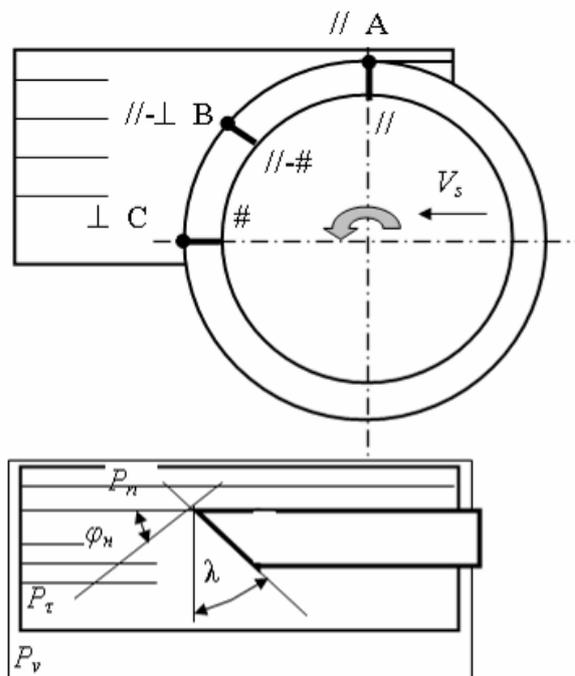


Рисунок 3 – Схема продольного пиления круглой пилой

Пример 1. Ширина пропила $b = 3,6$ мм, угол наклона режущей кромки $\lambda = 15^\circ$. Определить величину укорочения c зуба 1 и значение S_z .

Решение.

$$c = 0,5btg\lambda = 0,5 \cdot 3,6 \cdot tg15^\circ = 0,48 \text{ мм.}$$

Согласно (4) принимаем $c = S_z = 0,48$ мм.

Пример 2. Ширина пропила $b = 3,6$ мм, подача на зуб $S_z = 0,5$ мм, $c = 0,5S_z$. Определить угол наклона зубьев с косой заточкой.

Решение. Из (3) получим

$$\lambda = \arctg\left(\frac{2c}{b}\right) = \arctg\left(\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{3,6}\right) = 7,9^\circ.$$

На рис. 3 приведена схема пиления круглой пилой со скошенными зубьями.

Если угол наклона режущей кромки $\lambda=0^\circ$, то режущая кромка расположена перпендикулярно стенкам пропила (показана точкой). Угол встречи φ_δ при пилении изменяется от нуля в точке A до 90° в точке C ($90^\circ \geq \varphi_\delta \geq 0$). Процесс резания изменяется от продольного $//$ до торцового \perp . В произвольной точке B дуги контакта имеет место продольно-торцовое резание.

Если угол наклона режущей кромки $\lambda=90^\circ$, то режущая кромка расположена параллельно стенкам пропила (показана прямой линией). Угол скоса φ_c при пилении изменяется от нуля в точке A до 90° в точке C ($90^\circ \geq \varphi_c \geq 0$). Процесс резания изменяется от продольного $//$ до поперечного $\#$. В произвольной точке B дуги контакта имеет место продольно-поперечное резание, а угол скоса равен углу встречи, $\varphi_c = \varphi_\delta$.

Если угол наклона режущей кромки $90^\circ > \lambda > 0$, то в произвольной точке B дуги контакта резание переходит от продольно-торцового к продольно-поперечному и получается продольно-торцово-поперечное резание, которое характеризуется углом наклона φ_n . Угол наклона измеряется в основной плоскости P_v между направлением волокон, направленных в массив, и главной секущей плоскостью P_τ . Из рис. 3 следует, $\varphi_n = \lambda$.

Для определения сил и мощности резания необходимо знать значения фиктивной силы резания и касательного давления срезаемого слоя на переднюю поверхность зуба пилы. Для продольно-торцово-поперечного резания можно записать:

– фиктивная сила резания

$$p_{//-\perp-\#} = p_{//-\perp} - (p_{//-\perp} - p_{//-\#}) \frac{\varphi_n}{90}; \quad (5)$$

– касательное давление срезаемого слоя на переднюю поверхность зуба

$$k_{//-\perp-\#} = k_{//-\perp} - (k_{//-\perp} - k_{//-\#}) \frac{\varphi_n}{90}, \quad (6)$$

где $p_{//-\perp} = 1,57 + 0,0359 \varphi_\delta [1]$;

$p_{//-\#} = 1,57 - 0,0065 \varphi_c$;

$k_{//-\perp} = (0,196 + 0,0039 \varphi_\delta) \delta + (0,069 + 0,0014 \varphi_\delta) V' - (5,4 + 0,158 \varphi_\delta)$;

$k_{//-\#} = (0,196 - 0,00184 \varphi_c) \delta + [0,069 - (0,069 - B) 0,011 \varphi_c] V' - (5,4 - 0,053 \varphi_c)$;

$B_\# = 0,059 \dots 0,069$, меньшее значение $B_\#$ при $\delta < 55^\circ$, большее – при $\delta > 55^\circ$;

δ – угол резания, град;

V' – условная скорость резания, м/с, причем, если $V < 50$ м/с, то $V' = (90 - V)$, иначе $V' = V$, где V – скорость главного движения.

Если $\varphi_n = 90^\circ$, то из (5) и (6) получаем данные для продольно-поперечного резания. Если $\varphi_n = 0^\circ$, то из (5) и (6) получаем данные для продольно-торцового резания. Все это соответствует рис. 3.

На пиле половина зубьев выполнены с косой заточкой и половина – укороченными с прямой заточкой. Для выполнения энергетических расчетов надо найти среднее значение p и k и эти средние значения можно отнести к каждому зубу пилы в отдельности.

Порядок расчета поясним на примере.

Пример. На однопильном круглопильном станке с высотой стола над центром пилы $h = 105$ мм распиливаются сосновые брусья толщиной $t = 100$ мм на доски. Диаметр пилы $D = 650$ мм, число зубьев $z = 36$, толщина диска пилы $S = 4,4$ мм, уширение зубьев на сторону $S^* = 1,2$ мм, ширина пропила $b = 6,8$ мм, зубья оснащены пластинами твердого сплава ВК15, угол резания $\delta = 70^\circ$, скорость подачи $V_s = 30$ м/мин, частота вращения пильного вала $n = 1500$ мин⁻¹. Зубья пилы расположены по схеме: зуб с косою правой заточкой, зуб укороченный прямой, зуб с косою левой заточкой, зуб укороченный прямой и т.д.

Определить мощность механизма главного движения в сравнении с пилением пилой с зубьями прямой заточки.

Решение. 1. Определим значение подачи на зуб

$$S_z = 1000V_s / zn = 1000 \cdot 30 / (36 \cdot 1500) = 0,56 \text{ мм.}$$

По (4) принимаем укорочение прямого зуба

$$c = 1,5 S_z = 1,5 \cdot 0,56 = 0,83 \text{ мм.}$$

2. Находим угол наклона режущей кромки зуба с косою заточкой

$$\lambda = \arctg\left(\frac{2c}{b}\right) = \arctg\left(\frac{2 \cdot 0,83}{6,8}\right) = 13,8^\circ.$$

3. Окружной шаг зубьев

$$t_z = \pi D / z = 3,14 \cdot 650 / 36 = 56,7 \text{ мм.}$$

4. Углы (результаты расчетов сведены в табл. 1):

$$\text{– входа } \varphi_{\text{вх}} = \arccos \frac{h+t}{R} = \arccos \frac{2(105+100)}{650} = 0,888 \text{ рад;}$$

$$\text{– выхода } \varphi_{\text{вых}} = \arccos \frac{h}{R} = \arccos \frac{2 \cdot 105}{650} = 1,24 \text{ рад;}$$

$$\text{– контакта } \varphi_k = \varphi_{\text{вых}} - \varphi_{\text{вх}} = 1,24 - 0,888 = 0,354 \text{ рад;}$$

$$\text{– среднее значение } \varphi_{\text{ср}} = \varphi_e = (\varphi_{\text{вх}} + \varphi_{\text{вых}}) / 2 = (0,888 + 1,24) / 2 = 1,065 \text{ рад} = 61^\circ.$$

5. Длина дуги контакта пилы с брусом

$$l = \varphi_k D / 2 = 0,354 \cdot 650 / 2 = 114,9 \text{ мм.}$$

6. Скорость главного движения

$$V = \pi D n / 60000 = 3,14 \cdot 650 \cdot 1500 / 60000 = 51,1 \text{ м/с.}$$

7. Фиктивная сила резания древесины сосны:

$$\text{– } p_{//\perp} = 1,57 + 0,0359 \varphi_e = 1,57 + 0,0359 \cdot 61 = 3,76 \text{ Н/мм;}$$

$$\text{– } p_{//\#} = 1,57 - 0,0065 \varphi_c = 1,57 - 0,0065 \cdot 61 = 1,17 \text{ Н/мм;}$$

$$\text{– } p_{//\perp\#} = p_{//\perp} - (p_{//\perp} - p_{//\#}) \frac{\varphi_n}{90} = 3,76 - (3,76 - 1,17) \cdot 13,8 / 90 = 3,36 \text{ Н/мм;}$$

– среднее в блоке, включающем один прямой и один косою зуб,

$$p_{\text{ср}} = (p_{//\perp\#} + p_{//\perp}) / 2 = (3,36 + 3,76) / 2 = 3,56 \text{ Н/мм.}$$

8. Касательное давление стружки на переднюю поверхность зуба:

$$\text{– } k_{//\perp} = (0,196 + 0,0039 \cdot 61) 70 + (0,069 + 0,0014 \cdot 61) \cdot 51,1 - (5,4 + 0,158 \cdot 61) = 23,2 \text{ МПа;}$$

$$\text{– } k_{//\#} = 7,2 \text{ МПа;}$$

- $k_{//\perp\#} = k_{//\perp} - (k_{//\perp} - k_{//\#}) \varphi_n / 90 = 23,2 - (23,2 - 7,2) \cdot 13,8 / 90 = 20,8$ МПа;
- среднее в блоке $k_{cp} = (20,8 + 23,2) / 2 = 22,0$ МПа.

Таблица 1 – Результаты расчетов

Параметры	Обозначение	Размерность	Пила комбинированная	Пила с прямой заточкой
Окружной шаг зубьев	t_z	мм	≈56,7	56,7
Углы:				
входа	$\varphi_{вх}$	рад	0,888	0,888
выхода	$\varphi_{вых}$	рад	1,242	1,242
контакта	φ_k	рад	0,354	0,354
среднее	$\varphi_{ср}$	град	61	61
Длина дуги контакта пилы с брусом	l	мм	114,9	114,9
Скорость главного движения	V	м/с	51,1	51,1
Фиктивная сила резания древесины сосны:				
$p_{//\perp}$	$p_{//\perp}$	Н/мм	3,76	3,76
$p_{//\#}$	$p_{//\#}$	Н/мм	1,17	-
$p_{//\perp\#}$	$p_{//\perp\#}$	Н/мм	3,36	-
$p_{ср}$	$p_{ср}$	Н/мм	3,56	-
Касательное давление стружки на переднюю поверхность зуба				
$k_{//\perp}$	$k_{//\perp}$	МПа	23,22	23,22
$k_{//\#}$	$k_{//\#}$	МПа	7,22	-
$k_{//\perp\#}$	$k_{//\perp\#}$	МПа	20,77	-
$k_{ср}$	$k_{ср}$	МПа	22,0	-
Величина затупления	$\Delta\rho$	мкм	6,7	6,7
Коэффициент затупления	α_ρ		1,18	1,18
Значение подачи на зуб среднее	S_{zcp}	мм	0,67	0,56
Толщина срезаемого слоя	a	мм	0,58	0,49
Удельная сила резания	$F_{уд}$	МПа	33,46	36,26
Мощность механизма главного движения	P	кВт	11,38	12,33

9. Величина затупления режущей кромки зуба

$$\Delta\rho = \gamma_{\Delta} \ln TK_n K_u / 1000 = 0,0001 \cdot 114,9 \cdot 1500 \cdot 480 \cdot 0,9 \cdot 0,9 / 1000 = 6,7 \text{ мкм.}$$

10. Коэффициент затупления при $\rho_o = 10$ мкм [2]

$$\alpha_\rho = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p}) \frac{\Delta\rho}{\rho_o + 50} = 1 + (1 + 0,1 \frac{22,04}{3,57}) \frac{6,7}{10 + 50} = 1,18.$$

11. Средняя подача на зуб:

$$\text{– зуб прямой } S_z = 1,15 S_{zcp} = 1,15 \cdot 0,56 = 0,64 \text{ мм;}$$

$$\text{– зуб косой } S_z = 1,25 S_{zcp} = 1,25 \cdot 0,56 = 0,69 \text{ мм;}$$

– среднее для пилы

$$S_{zcp} = (S_{zкос} + S_{zпрям}) / 2 = (0,69 + 0,64) / 2 = 0,67 \text{ мм};$$

12. Толщина срезаемого слоя зубом пилы:

– комбинированной $a = S_{zcc} \sin \varphi_6 = 0,67 \sin 61^\circ = 0,58 \text{ мм};$

– прямозубой $a = S_{zcc} \sin \varphi_6 = 0,56 \sin 61^\circ = 0,49 \text{ мм}.$

13. Удельная сила резания

$$F_{y\delta} = a_n a_w a_b \left(k + \frac{\alpha_{\rho P}}{a} + \frac{\alpha_{\Delta t}}{b} \right) = 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \left(220 + \frac{1,18 \cdot 3,57}{0,58} + \frac{0,57 \cdot 100}{6,8} \right) = 33,46 \text{ МПа}.$$

14. Мощность механизма главного движения при работе пилой с комбинированными зубьями

$$P_k = \frac{F_{y\delta} b t V_s}{60 \cdot 1000} = \frac{33,46 \cdot 6,8 \cdot 100 \cdot 30}{60 \cdot 1000} = 11,38 \text{ кВт}.$$

При использовании пилы с прямыми зубьями мощность равна $P_n = 12,33 \text{ кВт}$. При формировании зубьев только с косой заточкой $P_{кос} = 10,9 \text{ кВт}$. Укорочение прямых зубьев комбинированной пилы до величины $c = S_z$ приводит к увеличению мощности $P_k = 11,54 \text{ кВт}$, а при $c = 0,5 S_z$ $P_k = 11,7 \text{ кВт}$. С уменьшением укорочения прямых зубьев комбинированная пила приближается по форме к прямозубой пиле. Таким образом рекомендуется работать комбинированной пилой с укорочением прямых зубьев равным $C = (1,5 \dots 2,0) S_z$.

Библиографический список

1. Глебов И.Т. Резание древесины: Учебное пособие. – Екатеринбург: УГЛТА, 2001.– 151 с.
2. Глебов И.Т. Резание древесины: Избранные лекции. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2005.– 99 с.

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ТОРЦОВОЕ ПИЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПИЛАМИ С НАКЛОННЫМИ РЕЖУЩИМИ КРОМКАМИ

FACE SAWING WOOD SAWS WITH INCLINED CUTTING EDGES

Для поперечного пиления древесины используются пилы, у которых режущие кромки зубьев поочередно наклонены влево и вправо под углом $10 \dots 15^\circ$. Так выполнены круглые пилы для поперечного пиления строгальные, твердосплавные отечественного производства, пилы импортные. Ниже изложена методика расчета режимов пиления такими пилами.

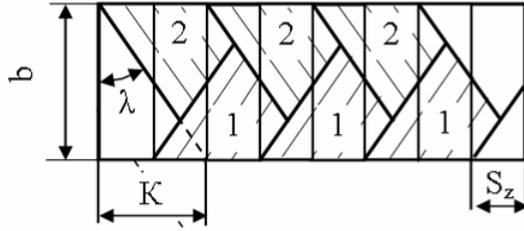


Рисунок 1 – Сечения срезаемых зубьями слоев в пропиле

На рисунке 1 показана схема расположения срезаемых слоев в пропиле шириною b . Угол наклона режущей кромки зуба находится из выражения

$$\lambda = \arctg \frac{K}{b}.$$

Из схемы следует, что при $K \geq S_z$ площади S срезов, образованных всеми зубьями одинаковы и равны $S = S_z b$, где S_z – величина подачи на зуб, мм. При средней ширине пропила для зубьев 1 и 2 $b_{cp} = b/2$ средняя подача на зуб для каждого зуба равна

$$S_{zcp} = \frac{S}{b_{cp}} = \frac{2S_z b}{b} = 2S_z.$$

Толщина срезаемого слоя измеряется в направлении подачи на зуб. Среднее значение толщины срезаемого слоя при пилении круглыми пилами

$$a = 2S_z \sin \mu,$$

где μ – угол подачи.

При поперечном пилении древесины стенки пропила расположены перпендикулярно к волокнам древесины. Если угол наклона $\lambda = 0$, то режущие кромки расположены параллельно волокнам и выполняют поперечное резание. Однако в этом случае волокна древесины не перерезаются, а рвутся, в результате чего поверхности стенок пропила имеют низкое качество. Если угол наклона $\lambda > 0$, то волокна древесины перерезаются режущими кромками, выполняя поперечно-торцовое резание. Для древесины сосны значения фиктивной силы резания $p_{\# \perp}$ и касательного давления на переднюю поверхность зуба $k_{\# \perp}$ можно определить по следующим формулам [1]:

$$p_{\# \perp} = 0,98 + 0,042 \varphi_n;$$

$$k_{\# \perp} = (0,029 + 0,0058 \varphi_n) \delta + (B + 0,0014 \varphi_n) V' - (5,9 + 0,152 \varphi_n),$$

где φ_n – угол наклона, равный углу наклона λ , град;

δ – угол резания, град;

B – коэффициент, при $\delta < 55^\circ$ $B = 0,059$; при $\delta > 55^\circ$ $B = 0,069$;

V' – условная скорость резания, м/с, причем, если скорость главного движения $V < 50$ м/с, то $V' = (90 - V)$, иначе $V' = V$.

Порядок расчета режимов пиления показан на примере.

Дано. На суппортном торцовочном станке модели ЦПА40–М распиливаются поперек сосновые брусья влажностью $W = 20\%$ и сечением 100×150 мм. Диаметр пилы $D = 400$ мм, толщина диска $S = 2,8$ мм, уширение зубьев на сторону $S' = 0,7$ мм, число зубьев пилы $Z = 72$, частота вращения пилы $n = 2900$ мин⁻¹, угол резания зубьев $\delta = 70^\circ$, углы наклона режущих кромок зубьев $\lambda = 10^\circ$. Зубья пилы оснащены пластинами твердого сплава ВК15. Расстояние от центра пилы до стола $h = 180$ мм, высота пропила $t =$

100 мм. Скорость подачи $V_s = 15$ м/с, зубья острые, пила расположена над столом станка.

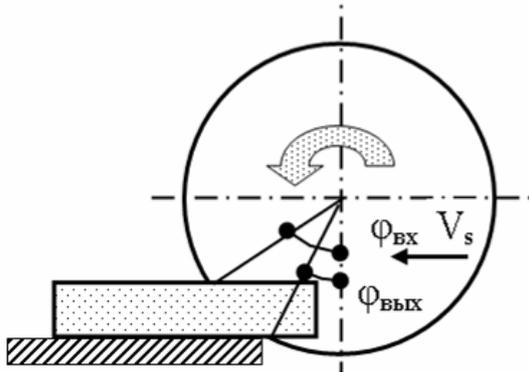


Рисунок 2 – Расчетная схема пиления

Определить мощность на пиление в сравнении с пилением обычной торцевой пилой с боковой косой заточкой зубьев $\beta = 45^\circ$.

Решение. Расчетная схема пиления показана на рисунке 2.

1. Находим ширину пропила

$$b = S + 2S' = 2,8 + 2 \cdot 0,7 = 4,2 \text{ мм.}$$

2. Находим значение подачи на зуб

$$S_z = \frac{1000V_s}{Zn} = \frac{1000 \cdot 15}{72 \cdot 2900} = 0,07 \text{ мм.}$$

3. Углы контакта пилы с заготовкой:

– входа

$$\varphi_{вх} = \arccos 2\left(\frac{h-t}{D}\right) = \arccos 2\left(\frac{180-100}{400}\right) = 66,4^\circ;$$

– выхода $\varphi_{вых} = \arccos 2\left(\frac{h}{D}\right) = \arccos 2\left(\frac{180}{400}\right) = 25,84^\circ;$

– контакта $\varphi_k = \varphi_{вх} - \varphi_{вых} = 66,4 - 25,84 = 40,57^\circ;$

– среднее $\varphi_c = (\varphi_{вх} + \varphi_{вых})/2 = (66,4 + 25,84)/2 = 46,1^\circ.$

4. Шаг зубьев

$$t_z = \frac{\pi D}{Z} = \frac{\pi \cdot 400}{72} = 17,5 \text{ мм.}$$

5. Длина дуги контакта

$$l = \frac{\pi D}{360} \varphi_k = \frac{3,14 \cdot 400}{360} \cdot 40,57 = 141,7 \text{ мм.}$$

6. Определяем скорость главного движения

$$V = \frac{\pi D n}{60000} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 2900}{60000} = 60,7 \text{ м/с.}$$

7. Толщина слоя (перерезаемого, срезаемого)

– предлагаемой пилой

$$a = 2S_z \sin \varphi_{cp} = 2 \cdot 0,07 \sin 46,1^\circ = 0,104 \text{ мм;}$$

– обычной пилой

$$a = S_z \sin \varphi_{cp} = 0,07 \sin 46,1^\circ = 0,052 \text{ мм.}$$

8. Значение фиктивной силы резания при пилении:

– предлагаемой пилой (угол $\varphi_n = \lambda$)

$$p_{\#-1} = 0,98 + 0,042 \varphi_n = 0,98 + 0,042 \cdot 10 = 1,4 \text{ Н/мм;}$$

– обычной пилой $p = 1 \text{ Н/мм.}$

9. Касательное давление срезаемого слоя на переднюю поверхность зуба:

– предлагаемой пилой (угол $\varphi_n = \lambda$)

$$\begin{aligned} k_{\#-\perp} &= (0,029 + 0,0058\varphi_n)\delta + (0,069 + 0,0014\varphi_n)V' - (5,9 + 0,152\varphi_n) = \\ &= (0,029 + 0,0058 \cdot 10) \cdot 70 + (0,069 + 0,0014 \cdot 10) \cdot 60,7 - (5,9 + 0,152 \cdot 10) = \\ &= 3,71 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

– для обычной пилы [2]

$$k = 60,76 - 13,72b + (0,412 - 0,0059\gamma)\beta_1,$$

где γ – передний угол, град;

b – ширина пропила, мм;

β_1 – угол боковой заточки, град.

$$\begin{aligned} k &= 60,76 - 13,72b + (0,412 - 0,0059\gamma)\beta_1 = \\ &= 60,76 - 13,72 \cdot 4,2 + (0,412 - 0,0059 \cdot 0) \cdot 45 = 21,68 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

10. Величина затупления режущей кромки для острых зубьев $\alpha_p = 1$.

11. Окружная касательная сила резания:

– предлагаемой пилой (угол $\varphi_n = \lambda$)

$$F_{xo} = a_n a_w (\alpha_p p + k_{\#-\perp} a) b l_k / t_3 = 1 \cdot 0,93 (1 \cdot 1 + 3,71 \cdot 0,104) \cdot 4,2 \cdot 141,7 / 17,5 = 56,57 \text{ Н};$$

– обычной пилы

$$F_{xo} = a_n a_w (\alpha_p p + ka) b l_k / t_3 = 1 \cdot 0,93 (1 \cdot 1 + 21,68 \cdot 0,051) \cdot 4,2 \cdot 142,7 / 19,6 = 67,29 \text{ Н};$$

12. Мощность на пиление:

– для предлагаемой пилы

$$P_k = \frac{F_{xo} V}{1000} = \frac{56,57 \cdot 60,7}{1000} = 3,44 \text{ кВт};$$

– обычной пилы

$$P = \frac{F_{xo} V}{1000} = \frac{67,29 \cdot 60,7}{1000} = 4,09 \text{ кВт}.$$

Вывод. 1. Использование для поперечного пиления пил, режущие кромки зубьев которых наклонены поочередно в разные стороны, позволяет снизить энергопотребление процесса пиления.

2. Уменьшение угла наклона режущих кромок приводит к снижению мощности на резание. Так, при $\lambda = 5^\circ$ $P = 2,69$ кВт. Однако при малых углах наклона затрудняется перерезание волокон древесины, волокна не перерезаются, а рвутся и шероховатость стенок пропила ухудшается.

3. Расчеты показывают, что с увеличением скорости подачи преимущества предлагаемой пилы увеличиваются. Например, при $V_s = 30$ м/мин и приведенных выше условиях пиления для предлагаемой пилы $P = 4,18$ кВт, для обычной $P_k = 6,25$ кВт.

Библиографический список

1. Глебов И.Т. Резание древесины [Текст]./ И.Т. Глебов – Екатеринбург, УГЛТУ, 2001.– 151 с.

2. Бершадский А.Л. Резание древесины [Текст]./ А.Л. Бершадский, Н.И. Цветкова – Минск, Вышейш. шк., 1975. –304 с.

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ТОРЦОВОМ ПИЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ

WAY OF DECREASE IN CAPACITY AT WOOD FACE SAWING

Для поперечного пиления древесины используют пилы, зубья которых выполнены с боковой косой заточкой под углом $45^\circ \dots 65^\circ$ по передним и задним граням. Основную работу при пилении выполняют боковые режущие кромки. При пилении зубья своими боковыми режущими кромками при вершинах сначала перерезают волокна древесины в плоскостях стенок пропила, углубляясь примерно на 0,8 мм, а затем передние грани зубьев сдвигают перерезанные волокна вбок в направлении их длины, формируя дно пропила. Пиление сопровождается значительным измельчением опилок, что приводит к увеличению мощности процесса пиления.

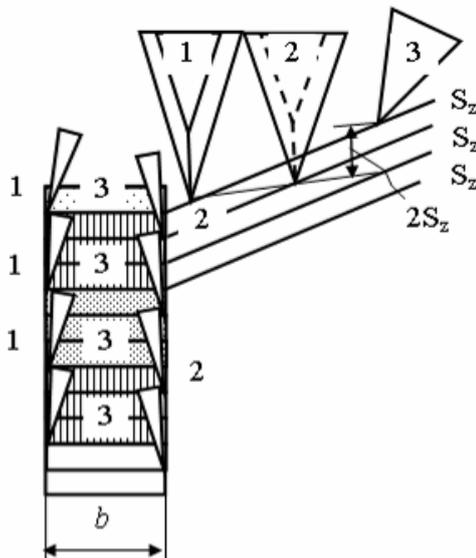


Рисунок 1 – Сечения срезаемых слоев зубьями комбинированной пилы в пропиле

А.Л. Бершадским предложена для поперечного пиления пила с комбинированными зубьями [1]. Пила содержит несколько блоков зубьев. Каждый блок включает два подрезающих зуба с косой боковой заточкой и один стружкообразующий прямой укороченный зуб. Прямой зуб выполняет поперечное резание, энергопотребление которого меньше, чем продольного резания. Схема формирования срезов в пропиле шириною b при пилении пилой с комбинированными зубьями показана на рисунке 1.

Из схемы следует, что каждый зуб пилы перерезает волокна (подрезающие зубья 1 и 2) или срезает слой древесины (зуб 3) толщиной $3S_z$, где S_z – величина подачи на зуб, мм. Прямой зуб 3 может быть плющенным или оснащен пластиной твердого сплава и должен быть короче зубьев 1 и 2 на величину $2S_z$. В связи с этим траектория зуба 3 в древесине совпадает с траекторией зуба 1.

Для расчета режимов пиления такой пилой необходимо знать сопротивление перерезания волокон подрезающими зубьями и сопротивление удаления срезаемого слоя зубьями 3. В работе [2] приведены сведения по определению единичной касательной силы резания при поперечном пилении обычной пилой с шириной пропила $b = 1,5$ мм. Можно допустить, что при работе обычной пилой в таком узком пропиле все сопротивление резания относится только на перерезание волокон, а силы бокового сдвига перерезанных волокон равны нулю.

Значения единичной касательной силы резания F_{x1} при поперечном пилении древесины сосны влажностью $W=15\%$ острыми зубьями с шириной пропила 1,5 мм в зависимости от толщины срезаемого слоя a приведены ниже:

F_{x1} , Н/мм	1,25	2,14	2,94	3,76	4,5	6,45	8,30	12,3	16,2
a , мм	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,075	0,1	0,15	0,20

Примем ширину надреза 1 мм и табличные данные представим в виде, Н:

$$F_x = 0,6 + 78a . \quad (1)$$

Учитывая (1), для блока из трех зубьев комбинированной пилы можно найти касательную силу резания по формуле, Н:

$$F_{xк} = a_n a_w [F_x + (\alpha_\rho p_\# + k_\# a) b], \quad (2)$$

где a_n , a_w , α_ρ – поправочные коэффициенты соответственно на породу древесины, влажность и затупление режущих кромок зубьев;

$k_\#$, $p_\#$ – касательное давление на переднюю поверхность прямого зуба и фиктивная сила при поперечном виде резания соответственно, МПа и Н/мм.

Порядок расчета режимов резания при поперечном пилении комбинированной пилой показан на примере.

Дано. На суппортном торцовочном станке модели ЦПА40–М распиливаются сосновые брусья влажностью $W = 20\%$ и сечением 100×150 мм. Диаметр пилы $D = 450$ мм, толщина диска $S = 2,8$ мм, уширение зубьев на сторону $S' = 0,7$ мм, число зубьев пилы $Z = 72$, частота вращения пилы $n = 2900$ мин⁻¹, угол резания подрезающих зубьев $\delta = 90^\circ$, прямого зуба $\delta = 80^\circ$, углы боковой косой заточки подрезающих зубьев $\beta_1 = 45^\circ$. Расстояние от центра пилы до стола $h = 200$ мм, высота пропила $t = 100$ мм. Скорость подачи $V_s = 15$ м/с, зубья острые, пила расположена над столом станка.

Определить мощность на пиление комбинированной пилой в сравнении с пилением обычной торцовой пилой.

Решение. Расчетная схема пиления показана на рисунке 2.

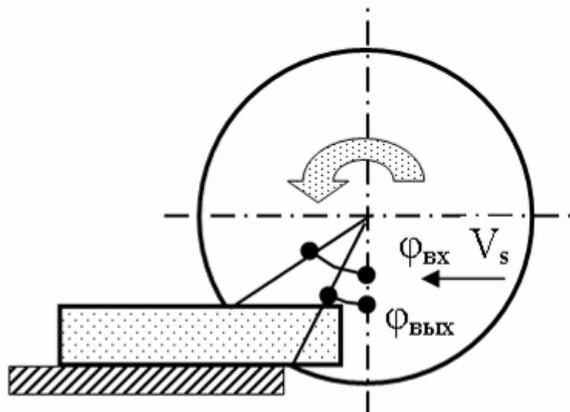


Рисунок 2 – Расчетная схема пиления

1. Находим ширину пропила
 $b = S + 2S' = 2,8 + 2 \cdot 0,7 = 4,2$ мм.
2. Находим значение подачи на зуб
 $S_z = \frac{1000V_s}{Zn} = \frac{1000 \cdot 15}{72 \cdot 2900} = 0,07$ мм.
3. Величина укорочения прямых зубьев комбинированной пилы
 $C = 2S_z = 2 \cdot 0,07 = 0,14$ мм.

4. Углы контакта пилы с заготовкой:

– входа

$$\varphi_{ex} = \arccos 2\left(\frac{h-t}{D}\right) = \arccos 2\left(\frac{200-100}{450}\right) = 63,6^\circ;$$

– выхода $\varphi_{вых} = \arccos 2\left(\frac{h}{D}\right) = \arccos 2\left(\frac{200}{450}\right) = 27,3^\circ;$

– контакта $\varphi_k = \varphi_{вх} - \varphi_{вых} = 63,6 - 27,3 = 36,3^\circ;$

– среднее $\varphi_c = (\varphi_{вх} + \varphi_{вых}) / 2 = (63,6 + 27,3) / 2 = 45,4^\circ.$

5. Длина дуги контакта

$$l = \frac{\pi D}{360} \varphi_k = \frac{3,14 \cdot 450}{360} \cdot 36,3 = 142,7 \text{ мм.}$$

6. Определяем скорость главного движения

$$V = \frac{\pi D n}{60000} = \frac{3,14 \cdot 450 \cdot 2900}{60000} = 68,3 \text{ м/с.}$$

7. Толщина слоя (перезаемого, срезаемого)

$$a = 3S_z \sin \varphi_{cp} = 3 \cdot 0,07 \sin 45,4^\circ = 0,154 \text{ мм.}$$

8. Касательная сила резания на зубьях №1 и №2

$$F_{x1} = 0,6 + 78a = 0,6 + 78 \cdot 0,154 = 12,58 \text{ Н.}$$

9. Касательное давление срезаемого слоя на переднюю поверхность зуба:

– для обычной пилы [3]

$$k = 60,76 - 13,72 + (0,412 - 0,005\gamma)\beta_1,$$

где γ – передний угол, град;

b – ширина пропила, мм;

β_1 – угол боковой заточки, град.

$$k = 60,76 - 13,72b + (0,412 - 0,0059\gamma)\beta_1 =$$

$$= 60,76 - 13,72 \cdot 4,2 + (0,412 - 0,0059 \cdot 0) \cdot 45 = 21,68 \text{ МПа;}$$

– для зуба №3 комбинированной пилы

$$k_{\#} = 0,029\delta + (0,059 \dots 0,069)V_1 - 0,059 = 0,029 \cdot 90 + 0,069 \cdot 68,3 - 0,059 = 6,98 \text{ МПа}$$

10. Величина затупления режущей кромки для острых зубьев $\alpha_p = 1.$

11. Окружная касательная сила резания:

– обычной пилы

$$F_{xo} = a_n a_w (\alpha_p p + ka) b l_k / t_3 = 1 \cdot 0,93 (1 \cdot 1 + 21,68 \cdot 0,051) \cdot 4,2 \cdot 142,7 / 19,6 = 59,9 \text{ Н;}$$

– для комбинированной пилы

$$F_{xок} = a_n a_w [F_{x1} + (\alpha_p p_{\#} + k_{\#} a) b] l_k / t_{3к} =$$

$$= 1 \cdot 0,93 [12,58 + (1 \cdot 0,98 + 6,98 \cdot 0,154) \cdot 4,2] \cdot 142,7 / 58,9 = 47,76 \text{ Н.}$$

12. Мощность на пиление:

– обычной пилы

$$P = \frac{F_{xo} V}{1000} = \frac{59,9 \cdot 68,3}{1000} = 4,09 \text{ кВт;}$$

– для комбинированной пилы

$$P_k = \frac{F_{xок} V}{1000} = \frac{47,76 \cdot 68,3}{1000} = 3,26 \text{ кВт.}$$

Вывод. 1. Использование для поперечного пиления древесины комбинированных пил, подрезающие зубья и стружкосрезающие укороченные зубья позволяет снизить энергопотребление процесса пиления.

2. Величина укорочения прямых зубьев пилы должна строго соответствовать заданной скорости подачи.

3. Расчеты показывают, что максимальные преимущества комбинированной пилы по энергосбережению наблюдаются при небольших скоростях подачи. С увеличением скорости подачи затраты энергии на пиление комбинированной и обычной пилой выравниваются. Например, при $V_s = 50$ м/мин для приведенных выше условий пиления $P = 9,12$ кВт, $P_k = 9,18$ кВт. В этом случае толщина перерезаемых слоев древесины достигает 0,512 мм и касательные напряжения сдвига перерезанных волокон оказываются достаточными для образования стружки обычным способом.

Библиографический список

1. Бершадский А.Л. Резание древесины [Текст]. / А.Л. Бершадский – Москва-Ленинград: Гослесбумиздат, 1956. – 328 с.

2. Амалицкий В.В. Оборудование отрасли [Текст]. / В.В. Амалицкий, В.В. Амалицкий – М.: МГУЛ, 2005. – 584 с.

3. Бершадский А.Л. Резание древесины [Текст]. / А.Л. Бершадский, Н.И. Цветкова – Минск, Высшейш. шк., 1975. – 304 с.

Клубков А.П., Войтеховский Б.В., Гриневич С.А. (БГТУ, г. Минск, РБ)

ОСОБЕННОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСТП НАКЛОННЫМИ НОЖАМИ

THE FEATURES OF LAMINATED CHIPBOARD MILLING AT INCLINED KNIFES

Широкое применение в мебельной промышленности ламинированных древесностружечных плит обуславливает важность работ по исследованию режимов фрезерования их кромок с целью повышения качества обработки и стойкости режущего инструмента. Одним из вариантов комплексного решения поставленной задачи является установка фрезерных ножей под углом. По результатам исследований [1, 2], применение наклонных резцов при фрезеровании натуральной древесины приводит к снижению потребляемой мощности на резание и улучшению качества обработанной поверхности.

С целью изучения влияния основных технологических параметров на стойкость режущего инструмента при фрезеровании ламинированных ДСтП наклонными ножами проведены экспериментальные исследования. Условием завершения эксперимента выбран критерий качества обработки, т.е. опыт продолжался до тех пор, пока на поверхности облицованной плиты не появлялись сколы ламината.

Чтобы обеспечить необходимые углы резания и углы наклона режущей кромки была спроектирована и изготовлена сборная цилиндрическая фреза. Конструкция фрезы (рис.1) представляет собой корпус с двумя круглыми отверстиями для установки в них цилиндрических вставок. Вставки к корпусу крепятся при помощи винта. Вставки имеют паз, в который вставляется клин и режущий элемент. При помощи винта происходит фиксация клина и резца в вставке. Вставка в собранном виде фиксируется на заданный угол наклона винтом. Для обеспечения различных углов резания изготавливаются вставки, в которых паз выполняется под заданным углом.



Рисунок 1 – Сборная цилиндрическая фреза

Для определения износа режущего инструмента по задней поверхности использовался метод слепков. Достоинством этого метода является возможность получения информации о динамике затупления твердосплавной пластины без ее снятия и последующего повторного базирования, что гарантирует чистоту проведения эксперимента. Данные, полученные в ходе проведения исследований, представлены в виде графических зависимостей затупления режущего инструмента от пути резания.

На рис. 2, а и 2, б представлены зависимости величины фаски износа по задней поверхности η от пути резания, полученные при фрезеровании прямым резцом и при наклоне режущей кромки под углом 30° . Результаты, представленные на рис. 2, а, получены при обработке материала в области микростружки и следующем режиме резания: толщина стружки $a = 0,05$ мм; толщина срезаемого слоя $h = 4,5$ мм; скорость резания $V = 50$ м/с; угол резания $\delta = 80^\circ$. На рис. 2, б представлены аналогичные зависимости, но полученные в области макростружки при следующих параметрах режима фрезерования: толщина стружки $a = 0,45$ мм; толщина срезаемого слоя $h = 4,5$ мм; скорость резания $V = 50$ м/с; угол резания $\delta = 80^\circ$.

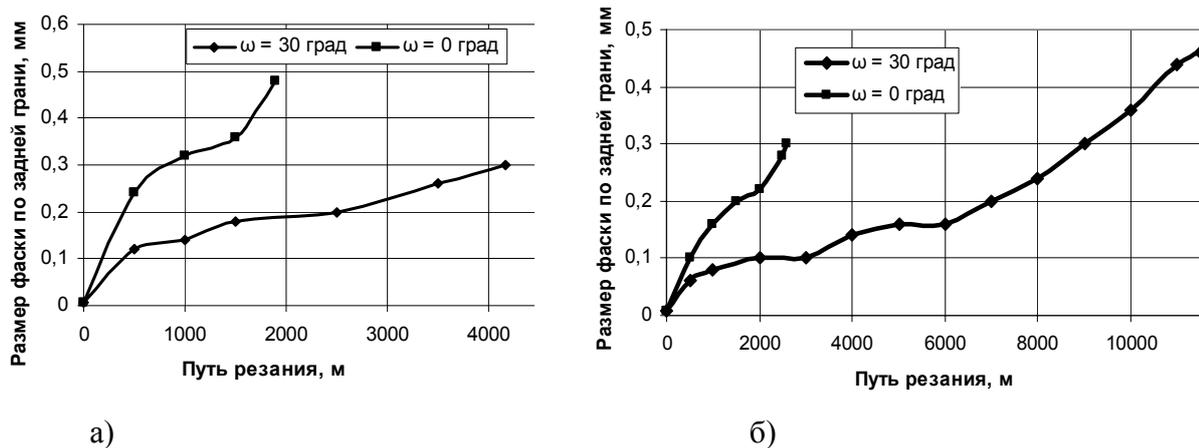


Рисунок 2 – Влияние угла наклона режущей кромки на стойкость режущего элемента
а) микростружка; б) макростружка

Анализ результатов эксперимента показывает, что угол наклона режущего лезвия положительно влияет на стойкость ножа. Из графиков следует, что обработку ламинированных ДСтП лучше производить в области макростружки. По опытным данным при толщине стружки $a = 0,45$ мм сколы на ламинате появились после прохождения пути резания 11400 м, а при толщине стружки $a = 0,05$ мм путь резания составил всего 4100 м, что в 2,75 раза меньше предыдущего результата. Положительное влияние угла наклона можно объяснить следующим:

- 1) плавность входа резца в обрабатываемый материал;
- 2) возникновение осевой составляющей силы резания, которая прижимает ламинат к основе;
- 3) уменьшение угла резания в плане, что обеспечивает уменьшение нагрузки на переднюю поверхность ножа.

Уменьшение стойкости резца в области микростружки можно объяснить тем, что при работе на малых толщинах стружки в результате многократного прохождения резца по обрабатываемой поверхности образуется деформированный, сильно уплотненный слой, обладающий высокой абразивной способностью. Воздействие этого слоя на резец вызывает повышенный износ его задней поверхности, что приводит к увеличению сил резания и давления на ламинат.

На рис. 3 представлены зависимости величины фаски η от пути резания, полученные при фрезеровании наклонным резцом ($\omega=30^\circ$) при разных скоростях резания $V = 20$ и 50 м/с и толщине стружки $a = 0,45$ мм; толщине срезаемого слоя $h = 4,5$ мм; угле резания $\delta = 80^\circ$.

Анализ представленных графических зависимостей доказывает положительное влияние увеличения скорости резания на качество обработки и стойкость режущего инструмента. С ростом скорости резания деформации, вызванные локальными напряжениями в точке взаимодействия резца и обрабатываемого материала не успевают распространиться на значительный объем материала, что обеспечивает более длительную эксплуатацию инструмента без образования сколов ламината.

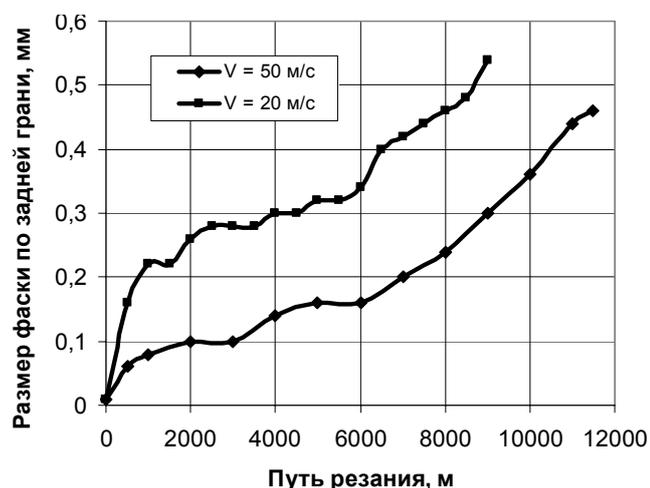


Рисунок 3 – Влияние скорости резания на стойкость режущего элемента

По данным эксперимента, при скорости резания 20 м/с резец прошел путь резания 9000 м, а при скорости резания $V = 50$ м/с путь резания составил 11600 м. Стойкость резца увеличилась в 1,27 раза.

Выводы

1. Широкое применение в мебельной промышленности ламинированных древесностружечных плит обуславливает важность работ по исследованию режимов фрезерования их кромок с целью повышения качества обработки и стойкости режущего инструмента при снижении энергозатрат. Одним из вариантов комплексного решения поставленной задачи является установка фрезерных ножей с некоторым наклоном.

2. Угол наклона положительно сказывается на стойкости режущего инструмента и качестве обработанной поверхности. При создании угла наклона режущей кромки 30° стойкость резца по критерию качества увеличивается в 2,19 – 4,4 раза.

3. С увеличением толщины стружки возможный путь резания до появления сколов на ламинате увеличивается. При толщине стружки $a = 0,05$ мм путь резания составляет 4100 м, а при $a = 0,45$ мм – 11400 м.

4. При увеличении скорости резания от 20 до 50 м/с технологическая стойкость резца увеличивается в 1,27 раза.

Библиографический список

1. Векшин, А. М. Исследование процесса цилиндрического фрезерования древесины тонкими винтовыми ножами: автореф. дис. канд. техн. наук: 421 / А. М. Векшин; Московский лесотехн. ин-т – М., 1970. – 31 с.

2. Лискив, В. Д. Исследование зависимостей силовых и качественных показателей процесса цилиндрического фрезерования древесины от положения лезвия относительно направления резания: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.06.02 / В. Д. Лискив, Львовский лесотехн. ин-т – Львов, 1973. – 24 с.

Копылов В.В. (ВятГУ, г. Киров, РФ) Viktor_vk@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОПУТНОЙ ПОДАЧИ В КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ПИЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ

THE SAWED CIRCULAR SAW FOR SAWING TREE

За последние годы на выставках деревообрабатывающего оборудования некоторыми производителями, выпускающими круглопильные станки для продольной распиловки древесины, неоднократно демонстрировались модели станков, осуществляющие пиление попутно, а не встречно, как в традиционных схемах. Основным аргументом использования попутного пиления, по заявлению большинства производителей, является более высокое качество поверхности пропила и снижение мощности на подачу. Однако производители не дают информации о том, в каких диапазонах изменяются силовые и качественные показатели процесса при переходе с встречного пиления на попутное.

К сожалению, на сегодняшний день нет объективной информации об особенностях продольного пиления древесины с попутной подачей, так как исследований в данной области практически не проводилось. Малый интерес к данной проблеме был обусловлен редким применением попутной подачи в круглопильных станках для продольной распиловки. В настоящее время количество станков с попутным пилением возросло, и знание особенностей данного способа пиления имеет важное значение для назначения рациональных режимов резания.

В связи с этим были проведены исследования по выявлению особенностей продольного пиления древесины круглыми пилами с попутной подачей. Результаты исследований позволили сделать ряд основных выводов, представленных ниже.

1 Основное отличие процесса продольного пиления древесины с попутной подачей от процесса пиления с встречной подачей заключается в характере стружкообразования. При попутном пилении стружкообразование происходит скалыванием древесины вдоль волокон, а при встречном – смятием древесины передней гранью резца. Этим во многом обусловлено более высокое качество поверхности пропила при попутном пилении и различия в силовых показателях.

2 При встречном пилении касательная составляющая силы резания, при прочих равных условиях меньше, чем при попутном пилении, следовательно, и мощность при попутном пилении несколько выше (до 25% в зависимости от режима резания), чем при встречном.

3 Качество поверхности пропила, определяемое высотой максимальных неровностей, глубиной опережающих трещин и размерами отщепов на выходе пилы из пропила, при попутном пилении выше. Причем с увеличением подачи на зуб (основного фактора, влияющего на качество обработки) тенденция изменения вышеуказанных факторов в сторону ухудшения качества обработки при попутном пилении менее интенсивна, чем при встречном.

4 Шероховатость поверхности пропила с увеличением затупления зубьев пил увеличивается для обоих способов пиления. При попутном пилении шероховатость поверхности пропила меньше, чем при встречном.

5 Характер и степень затупления инструмента, оснащенного пластинками твердого сплава, не зависят от способа пиления. При попутном и встречном пилении древесины износ происходит равномерно по передней и задней граням зуба граням с постепенным увеличением радиуса округления режущей кромки.

Выявленные особенности попутного пиления говорят о необходимости дифференцированного подхода к данному вопросу и позволяют более целесообразно назначать режимы пиления на станках с попутной подачей.

Уфимцев В.Я., Пушкарева О.Б., Шабалина Н.Р., Воронцова Т.Г.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) us_lmf@mail.ru

МАКРОСКОПИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ САМОРАСКАЧИВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ КРУПНЫХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

THE MACROSCOPICAL OCCURRENCE REASONS OF ELECTRIC DRIVES SELF-ROCKING LARGE WOODWORKING MACHINES

В системах электроэнергоснабжения (СЭС) могут возникать [1] самовозбуждение и самораскачивание роторов машин. Явления самовозбуждения (СВ) и самораскачивания (СР) - понятия с пересекающимися признаками: замечено, что увеличение емкостной компенсации ЛЭП может вызывать и то и другое явление. Другим общим признаком этих явлений, находящимся в существенно иной предметной области, является способ анализа СВ и СР - система уравнений Парка – Горева. При этом можно отметить и различие в постановке проблем анализа СВ и СР: математическая модель системы для рассмотрения СР включает дифференциальное уравнение движения ротора машины, например, в виде $\ddot{q} = M - M_c$, призванное связать механическую цепь машины с электрическими. Однако, приведенное уравнение зачастую малозаметно, но далеко не в силу его лаконичности в сравнении с остальными.

Известно [2], что на основе принципа Гамильтона динамическое состояние механической системы (в данном случае - ротора) полностью определяет одновременное задание обобщенных координат q и \dot{q} . С математической точки зрения это значит, что заданием q и \dot{q} в некоторый момент времени однозначно задается так же и значение ускорения \ddot{q} в этот момент. В таком отношении приведенное выше дифференциальное уравнение движения ротора не является полным, по этой причине не будет полной и любая сколь угодно строгая система уравнений, включающая пробел в одном из них. Следует отметить еще одно отрицательное свойство приведенного уравнения: оно никогда не дает т.н. [3] колеблющихся решений и пригодно только для анализа аperiodических переходных процессов, а явления СВ и СР, как показывают наблюдения [1], ха-

рактируются колебательными процессами, выросшими в недрах стационарных.

Нужно признать, что введение полного дифференциального уравнения движения ротора на основе функции Лагранжа $L(q, \dot{q}, \ddot{q}, t)$ вряд ли упростит структуру математической модели машины, содержащей десятки строк дифференциальных уравнений и без того ставящей проблему неразрешенности - анализ такой модели, чаще всего ведется опосредованно на основе критериев устойчивости систем, упрощающих условий, допущений, посылок и т.д.. Таким образом, возникает существенное противоречие и вместе с тем проблема современной теории СЭС, которые вряд ли преодолимы на сегодняшнем уровне знаний, в частности об электрической машине. Отсюда следует, что нужны иные средства познания явлений СР и СВ. И этим средством может послужить макроскопическая теория машины, позволяющая включить машину любого вида (синхронную, асинхронную, МПТ и т.д.) в единый класс понятий, в частности, и с ЛЭП, как с системой с распределенными параметрами.

Можно показать средствами макроскопической теории [4], что модель машины сводима к магнитной схеме замещения (рис. 1а), инвариантной как роду, так и режиму работы с параметрами:

$$R_2 = (\bar{\sigma} + \overline{\sigma^2})R + \overline{\sigma^2}(R_L - R_C - R_{CB}); L_2 = (\bar{\sigma} + \overline{\sigma^2})L; C_2 = \frac{w^2 r_2}{\omega_1 s}, \quad (1)$$

где $R_L - R_C$ - активное магнитное сопротивление, определяемое индуктивным (R_L) и емкостным (R_C) электрическими сопротивлениями, включенными в цепь вторичной обмотки;

R_{CB} - активное магнитное сопротивление машины, вносимое обмоткой возбуждения.

Машина, как правило, работает в режиме, близком к электродинамическому резонансу (ЭДР). Существенный признак ЭДР – движение ротора, например, синхронной машины с номинальной частотой ω_1 , при минимальном значении магнитного напряжения. Не трудно понять, что машина должна быть подчинена условию $\omega_1 = \omega_0$ (ω_0 - частота собственной волны движения ротора). Этому условию, в частности, соответствует посылка: число полюсов обмотки статора должно быть равно числу полюсов ротора. Это одна из очевидных, существенных взаимосвязей между параметрами машины. Уравнение для контура (см.рис 1б) с параметрами (1), в целях упрощения выкладок, можно привести к виду:

$$\ddot{q} + 2n\dot{q} + k^2 q = h \sin(pt + \delta); \quad (2)$$

$$q = \dot{\Phi}_2; 2n = \frac{R_2}{L_2}; k^2 = \frac{1}{L_2 C_2}; k = \sqrt{k^{*2} - n^2}; p = \omega_1; k = \omega; h = U_{1m}, \quad (3)$$

где k^* - частота собственных волн электромагнитного поля;

$k = \omega$ - частота свободных волн того же поля.

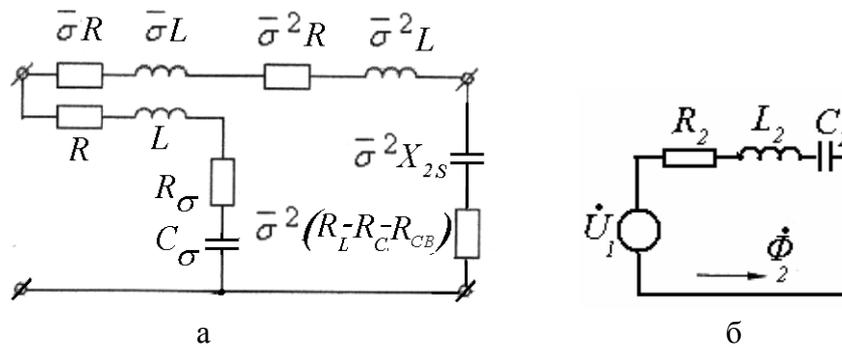


Рисунок 1 – К электродинамическому резонансу: а -Г-образная магнитная схема замещения машины; б - резонансный магнитный контур

Общее решение уравнения (2) можно записать:

$$q = e^{-nt} (C_1 \cos kt + C_2 \sin kt) + \frac{h}{k} \mathfrak{N} \sin(pt + \delta);$$

$$\mathfrak{N} = \left[\sqrt{\left[1 - \left(\frac{p}{k} \right)^2 \right]^2 + \left(\frac{2n}{k} \frac{p}{k} \right)^2} \right]^{-1}; \quad (4)$$

$$q = 2A(1 - e^{-nt}) \cos \frac{\varepsilon}{2} t \sin kt + 2A \sin \frac{\varepsilon}{2} \cos kt + A(1 - e^{-nt}) \sin kt, \quad (5)$$

где C_1, C_2, A – постоянные, определяемые из начальных условий.

Определяя ЭДС фазы обмотки с учетом введенных в (3) подстановок, можно описать процесс самовозбуждения машины на основе (4), (5) для:

резонансного режима (рис.2а) движения ротора ($\omega_1 = \omega_0$)

$$\varepsilon \approx E_m \sin(\omega_1 t + \theta) + e^{-nt} E_m t \cos(\omega t + \theta); \quad (6)$$

околорезонансного режима (рис.2 б) движения ротора ($\omega_1 \approx \omega_0$)

$$\varepsilon = E_m (1 - e^{-nt}) \sin \omega t - \left(2E_m \sin \frac{\varepsilon}{2} t \cos \omega_1 t \right) + 2E_m (1 - e^{-nt}) \cos \frac{\varepsilon}{2} \sin \omega t. \quad (7)$$

Полученные аналитические выражения процессов самовозбуждения машины хорошо совпадают с зафиксированными [1] результатами наблюдений с соответственно с синхронным и асинхронным СВ и могут иметь следующую интерпретацию.

Апериодический процесс. Первое слагаемое в (6) соответствует предыстории процесса самовозбуждения машины - стационарному режиму; второе - возникает вследствие переходного процесса. Переходный процесс происходит на свободной частоте волны ЭДС, равной $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - (R_2/2L_2)^2}$.

Запись $t \cos \omega t$ соответствует бесконечному возрастанию ЭДС во времени по закону прямой пропорциональности (рис. 2а, огибающая 2). Однако поглощение волн по мере их распространения в машине, в частности на магнитном сопротивлении R_2 , ограничивает (см. рис.2 а, огибающая 3) этот рост (запись $(- \exp(nt))$). Магнитное сопротивление R_2 может возрасти в процессе переходного процесса конкретно по причине нелинейности магнитной цепи машины. Приведённое суждение сохраняет преемственность с имеющимся знанием на этот счёт [1], но абстрагировано, что позволяет

кроме названной конкретной причины ограниченного роста ЭДС при самовозбуждении, предвидеть и другие.

Процесс аperiodического самовозбуждения (АСВ) возникает из стационарной работы СЭС (см.рис.2а, график 1). Основной, общий мотив формирования АСВ содержится в условии $\omega_0 = const$. Тогда можно иметь

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}} = \bar{\sigma} \sqrt{\frac{r}{r_2(\bar{\sigma} + \bar{\sigma}^2)}} = const, \quad (8)$$

где r - сопротивление обмотки, обусловленное потерями в стали статора;

r_2 - сопротивление обмотки статора, определяемое электромеханическим преобразованием энергии в т.ч. и сопротивлением ЛЭП.

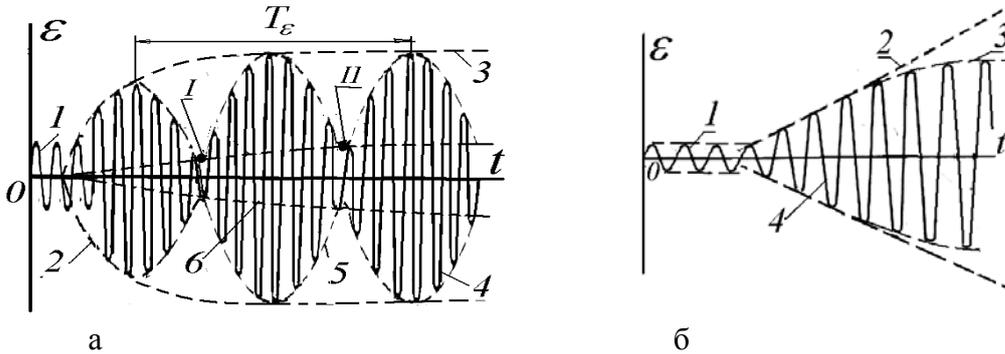


Рисунок 2 – Представление аperiodического (а) и периодического (б) СВ: 1 - собственные (вынужденные) волны ЭДС; 2- без учёта поглощения (затухания) волн; 3 - с учётом поглощения; 4 - волны свободной частоты (переходного процесса); 5 - огибающая биеений; 6 - огибающая затухающих (свободных) волн напряжения сети.

При набросе нагрузки машины сопротивление r_2 достаточно быстро, со временем электрического переходного процесса, уменьшится. Тогда, при кажущейся неизменной частоте вращения ротора, сопротивление r должно уменьшиться так же быстро и в той же мере, что поведёт за собой всплеск энергии потерь в стали статора. Любое изменение нагрузки ЛЭП вызывает на зажимах машины отражение волн электромагнитного поля. Эти волны имеют различные фазовые скорости $v_n = c$ - для ЛЭП и $v = 2\pi f$ - для машины. Скорости эти не соизмеримы - $c \gg 2\pi f$, поэтому можно показать [4], что волны, как материальные среды с плотностью EH/c^3 [6], сталкиваясь на зажимах машины создают зону с большим механическим сжатием двух сред, что влечёт за собой всплеск - импульс энергии в месте проникновения в машину. Он и создаёт виртуальный эффект резкого снижения r и обеспечивает толчок для начала процесса СВ. Импульс (концентрация) энергии электромагнитного поля – аномальный кратковременный процесс, в результате которого ротор получает механический удар, «спотыкается» при своем вращении, а затем быстро восстанавливает свое движение. Аналогичную ситуацию можно представить и при сбросе нагрузки машины - резкому выключению потребителей энергии в СЭС. Разница будет заключаться в том, что всплеск энергии можно ожидать на прилегающем к машине начале ЛЭП.

Эффект удара по вращающемуся ротору можно проиллюстрировать и с иных позиций. Из (8) следует, что частота собственных волн машины величина комплексная,

поэтому из (3) можно записать

$$\omega_0 = \omega + j2n, \quad (9)$$

откуда следует, что понятие частоты собственной волны машины включает в свое содержание важный признак - это функция, которую можно определить как

$$\tilde{\omega}_0 = \Omega_{0m} e^{j\theta_\varepsilon}; \theta_\varepsilon = \operatorname{arctg} \frac{2n}{\omega} = \operatorname{arctg} \frac{\varepsilon_4}{\omega},$$

где Ω_{0m} - амплитудное значение частоты волны вращения ротора;

θ_ε - угол нагрузки, обусловленный искажениями в машине.

Таким образом, машина с искажениями имеет относительный признак – начальную фазу θ_ε , зависящую от потерь энергии. Обобщая выявленный таким образом существенный признак собственной частоты машины как комплексной величины, можно иметь

$$\tilde{\omega}_0 = \Omega_{0m} e^{j\theta},$$

где θ – угол нагрузки машины, включающий, в частности, и θ_ε .

Высказанное суждение относится к одному из отличительных признаков собственной частоты машины: оставаясь неизменной внешне - по модулю в различных переходных и других процессах, она при этом изменяет свою фазу, т.е. по существу является вариофазной: $|\omega_0| = \text{const}; \theta = \text{var}$. Последнее представление является посылкой для следующего суждения: механический удар по стационарно вращающемуся ротору абстрагируется внезапным изменением начальной фазы θ волны вращения ротора, которое, в свою очередь, происходит при любых изменениях нагрузки (θ) в ЛЭП.

Периодическое СВ. Причины периодического (7) самовозбуждения (ПСВ) те же, что и для АСВ, но процесс здесь несколько сложнее (рис.2б). Так, «споткнувшийся» в момент коммутации в ЛЭП, ротор дает провал ЭДС до нуля (график 1), что объясняется виртуальным КЗ в обмотке статора, обусловленным внезапным уменьшением r , затем эта ЭДС, равная, примерно, напряжению сети, восстанавливается в машине до первоначального значения. Одновременно возникает процесс биений ЭДС: стационарных и затухающих со временем (графики 2,3). Общее представление о ПСВ графически складывается из перечисленных частных случаев и содержит вполне конкретную картину, содержащую следующие существенные признаки:

- процесс происходит в форме стабилизирующихся со временем биений;
- самовозбуждение проявляется при $\omega = \omega_1 - \varepsilon_4$ в виде амплитудно-модулированных волн ЭДС свободной частоты;
- глубина модуляции волн ЭДС изменяется со временем (точки I и II рис.2 б) и находится в зависимости от функции $(1 - e^{-nt})$;
- значение боковой частоты (ε_4) зависит от параметров машины, а также и ЛЭП.

Постоянная затухания $\varepsilon_4 = n$, равная отношению $R_2/2L_2$, включает в числитель, кроме прочих, опосредованные параметры (1) возбужденности машины (R_{CB}) и емкость ЛЭП (R_C). Последняя не зависит от нагрузки и условий работы машины, а величину R_{CB} можно варьировать средствами, например, АРВ. Отсюда вывод: вследствие врожденной инерции ОВ машины, регулирующие воздействия АРВ или персонала генерирующей станции не могут успеть и тем более опередить, предотвратить быстро-

развивающиеся переходные процессы в цепях статора, заканчивающиеся СВ. С другой стороны, относительно большое сопротивление ЛЭП, введенное в r_2 , и учитываемое выражением $n = R_2/2L_2 = r_2/2x_2$, дает неколеблущееся решение уравнения (2) в форме

[2] $q = Ae^{-nt} \operatorname{sh} t \sqrt{n^2 - k^2} + \beta$, описывающее монотонно затухающий переходный процесс без СВ. Теперь можно конкретизировать часто применяющееся понятие [1] большого сопротивления ЛЭП: это $n \geq k$. Устойчивость против СВ при большом сопротивлении шин установлена в ходе многочисленных наблюдений [1]. С другой стороны, зарядные мощности генератора и ЛЭП, используемые иногда в качестве критериальных, могут быть таковыми только отчасти. Полученный выше вывод может служить ответом и на не прекращающуюся до сих пор полемику [7] о роли переходных процессов в цепях статора на СВ в машинах. Приведенные рассуждения показали, что именно переходные процессы в цепях статора полностью определяют процессы СВ.

Осуществленный анализ показал, что грань между АСВ и ПСВ весьма деликатна. В первом случае должно возникнуть условие $\omega = \omega_1$, а во втором $\omega_1 = \omega + \varepsilon_4$, где ε_4 - малая величина. Общим признаком понятия «самовозбуждение машины» является его причина – изменение параметров ЛЭП и следующий затем механический удар по ротору, который не в силах зримо изменить частоту его вращения, но является началом других взаимосвязанных процессов в машине – самовозбуждения и самораскачивания, а синхронные и асинхронные процессы в машине [1] для СВ нужно считать опосредованными.

Прецессия ротора. Возвращаясь к равенству (9) и располагая ортогональные компоненты в декартовых осях соответственно: $\omega_0 \rightarrow y$; $\omega \rightarrow x$; $2n \rightarrow z$, можно получить уравнение поверхности, порождаемой вращением линии ab (рис.3 а) около оси oy $y = \operatorname{ctg} \theta \sqrt{x^2 + z^2}$ или $\omega_0 = \operatorname{ctg} \theta \sqrt{\omega^2 + (R_2/2L_2)^2}$.

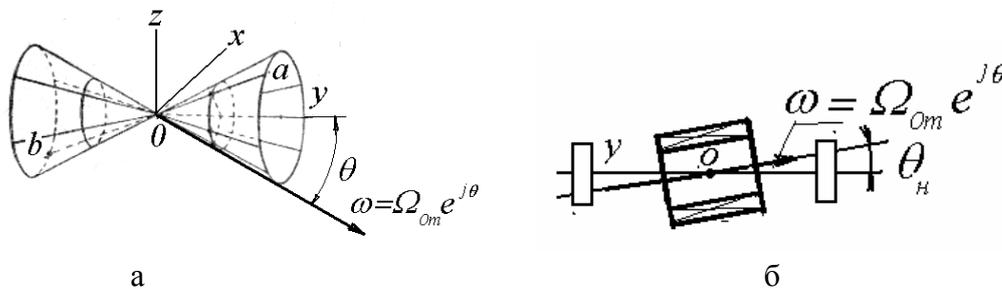


Рисунок 3 – Прецессия ротора

Последнее уравнение описывает сложное движение концов вала любой машины в форме прецессии – движения твердого тела, имеющего неподвижную точку o (рис.3б), которое складывается из вращения с частотой ω вокруг оси ротора и вращения с частотой $\varepsilon_4 = n$ вокруг оси oy . В идеале угол нагрузки θ и угол нутации θ_n (см.рис.3 б) одинаковы, но реально движение шипов вала ротора ограничено зазорами подшипников. На практике этот процесс можно обнаружить по характерному шуму, сопровождающему, например, разгон ротора при пуске двигателя с изношенными (и не только) подшипниками. В процессе разгона меняется величина угла нагрузки, изменяется и тональность звука его сопровождающего.

Магнитные емкость и индуктивность. Обращаясь к известному [4] выражению коэффициента рассеяния, подставляя в него вместо электрических сопротивлений магнитные, можно получить:

$$\bar{\sigma} = 1 + \left[(RG + \omega_1^2 LC) - j\omega_1(RC - LG) \right]; \quad \beta_0 x = \arctg \frac{\omega_1(RC - LG)}{1 + [(RG + \omega_1^2 LC)]};$$

$$\sigma_m = \sqrt{\{1 + [(RG + \omega_1^2 LC)]\}^2 - [\omega_1(RC - LG)]^2};$$

$$\Phi_{\sigma\theta} = \Phi_{ad} \sigma_m \sin \beta_0 x; \quad \Phi_{\sigma\theta} = U_{1m} (G_{m\sigma\theta} \sin \beta_0 x);$$

$$\Phi_{\sigma m} = \Phi_{ad} \sigma_m \cos \beta_0 x; \quad \Phi_{\sigma m} = U_{1m} (G_{m\sigma m} \cos \beta_0 x).$$

Отсюда следует, что индуктивности обмоток машины, пропорциональные $(G_{m\sigma\theta} \sin \beta_0 x)$ и $(G_{m\sigma m} \cos \beta_0 x)$ являются периодическими функциями перемещения ротора (x) , а это, как известно [5] является непременным условием получения однонаправленного преобразования энергии в машинах. Таким образом, из всей совокупности проведенных рассуждений, а также близости их результатов к данным наблюдений, можно вывести опосредованное умозаключение: введенные в математическую модель машины гипотетические параметры, в частности, L и C приводят к следствиям, совпадающим с данными наблюдений и истинными знаниями [5], а поэтому могут считаться обоснованными и научно доказанными понятиями теории машин. Кроме того, из последних равенств следует, что магнитное рассеяние как понятие имеет в своем содержании важный признак – взаимосвязь $\sigma = \sigma_m \exp(-j\beta_0 x \pm \theta)$ между продольной и поперечной магнитными проводимостями рассеяния и определяет на основе взаимнооднозначного отношения собственную пространственную частоту β_0 машины. При нерасчетливой организации магнитного рассеяния, можно столкнуться с неожиданно появившимися полигармоническими пространственными волнами поля, создаваемого обмотками машины при $\sigma = \sigma_m \exp(-j \sum \beta_{k0} x \pm \theta_k)$.

Завершая рассуждения о процессах АСВ следует заметить что для исключения таких процессов, обе системы с распределенными параметрами (машина, ЛЭП) должны иметь одинаковые входные сопротивления (Z_2 и $Z_{2л}$). В противном случае необходимо согласовать их каким либо образом, например [8], включая между машиной и ЛЭП отрезок ещё одной линии длиной $\lambda/4$ (или эквивалентную ей электрическую цепь) с автоматически регулируемым волновым сопротивлением $Z = \sqrt{Z_2 Z_{2л}}$.

Выводы

Разработана математическая модель электрической машины, инвариантная к числу фаз, режим и ее виду.

Введены и обоснованы понятия магнитных индуктивности и емкости.

Определено содержание понятий собственная и свободная частоты циклических волн машины.

Вычислена функция собственной частоты вращения ротора как векторной величины.

Доказано, что самовозбуждение с необходимостью связано с переходными процессами в статоре машины.

Аналитически выведено, что синхронное самовозбуждение машин в системах электроснабжения происходит при совпадении численных значений частот собственных и свободных волн скоростей ротора (в электродинамическом резонансе), а асинхронное – при их малом расхождении (в околорезонансном режиме движения ротора).

Конкретно сформулировано понятие относительного значения большого сопротивления ЛЭП.

Найдено уравнение вращения оси ротора как функции угла нагрузки машины.

Описана принципиальная роль магнитного рассеяния и потерь в стали статора в процессах самовозбуждения машины.

Показано, что магнитное рассеяние в машине определяется волнами дифракции (продольными), рефракции (поперечными) и нагрузкой машины.

Сформулирована конструктивная роль магнитного рассеяния в создании структуры пространственных волн магнитного поля машины.

Библиографический список

1. Веников В.А. и др. Самовозбуждение и самораскачивание в электрических системах/ В.А. Веников, Н.Д. Анисимова, А.И. Долгинов, Д.А. Федоров. - М.: Высшая школа, 1964.-198с.
2. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний. - М.: Высшая школа. 1996.- 255с.
3. Смирнов В.И. Курс высшей математики: Учебное пособие для студентов вузов.- 21-е изд. - М.: Наука 1974.-Т.II.650с.
4. Уфимцев В.Я.Макроскопический анализ электродинамических процессов в электрических машинах. Теоретические основы электромеханики. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 536с.
5. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. - М.: Энергия. 1980.- 928с
6. Поливанов К.М. Теория электромагнитного поля. - М.: Энергия. 1969. -352с.
7. Костюк О.М., Соломаха М.И. Колебания и устойчивость синхронных машин/- Киев. Наукова думка,1991.-200с.
8. Шимони К.А. Теоретическая электротехника. - М.: Мир, 1964.- 774с.

Максименков А.И., Королева И.С. (ВГЛТА, г. Воронеж, РФ)

kafedramehaniza@mail.ru

О ВОЗМОЖНОСТИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ЛЕНТОЧНОМ ЛЕСОПИЛЕНИИ

ABOUT CAPABILITY THE SAVINGS OF RESOURCES AT THE WOOD TAPE SAWING

Задача комплексного использования древесного сырья связана с его рациональной переработкой. При существующей технологии переработки и применяемом оборудовании (лесопильные рамы и круглопильные станки), деловой выход древесины с учетом пороков,

очень низок и не превышает 50 – 60%, что обусловлено рядом причин: большие потери в опилки 15 – 18%; не оптимальная схема раскроя пиловочного сырья; низкое качество получаемых пиломатериалов. Это приводит к нерациональному использованию ресурсно-сырьевой базы. Кроме того, используемые станки имеют высокую энергоемкость, что сказывается на себестоимости пилопродукции.

Ленточнопильное оборудование представлено двумя принципиальными схемами: станки с горизонтальным и вертикальным расположением пильных шкивов. Ленточнопильные станки с вертикальным расположением пильных шкивов, из-за высокой цены, сложности монтажа, наладки и эксплуатации, менее перспективны по сравнению с горизонтальными. Помимо этого, большинство из них обладают большей энергоемкостью технологического процесса распиловки и значительной металлоемкостью. С целью снижения энергозатрат и повышения качества получаемых пиломатериалов на базе Воронежской государственной лесотехнической академии совместно с ООО «РКВ» сконструирован ленточнопильный станок для распиловки маломерной древесины применительно к лесохозяйственным предприятиям степной и лесостепной зоны (патент РФ на полезную модель № 26475, № 32425 и №47800). Разработана новая конструкция механизмов натяжения и подачи. Механизм натяжения, состоит из натяжного шкива соединенного осью с кареткой, имеющей возможность продольного перемещения вдоль направляющей выполненной по форме ласточкиного хвоста. Механизм подачи включает направляющий путь станка, выполненный с возможностью перемещения его вверх относительно неподвижной основы на определенный угол с помощью рычажного механизма, состоящего из неподвижно укрепленного сектора, снабженного отверстиями расположенного по окружности с интервалом в 3 градуса, рычага установленного на валу подъемника и стопора, фиксирующего рычаг относительно отверстия сектора. От отечественных и зарубежных аналогов подобного класса станок отличается упрощенным и надежным узлом натяжения пилы и оригинальным подающим механизмом, предусматривающим процесс самонадвигания пильного агрегата в процессе распиловки. Для обеспечения высокоскоростного пиления, обеспечивающего уменьшение усилия резания и улучшение качества пилопродукции, скорость движения ленточной пилы равна 30 м/с. Предлагаемый станок; перспективен для широкого использования на малых деревообрабатывающих предприятиях различных форм собственности. Эксплуатация оборудования данного класса позволяет производить индивидуальный раскрой маломерной древесины невысокого качества (фаутность, сбежистость, кривизна и т.д.). Применение новой конструкции малогабаритного ленточнопильного станка с обоснованными технологическими параметрами позволит обеспечить ресурсосбережение за счет снижения энергозатрат, примерно в 2 – 2,5 раза, увеличение выхода деловой древесины на 6 – 8%, что в пересчете на 100 м³ составляет 8 м³ готовой пилопродукции, тем самым обеспечивая экономический эффект при распиловке твердолиственных пород (дуб, бук, граб, ясень) в размере 30 – 50 тыс.руб., хвойных (сосна, ель, лиственница) – 15 – 17 тыс.руб, мягколиственных (осина, береза, тополь, ольха) – 5 – 8 тыс. руб и повышения производительности технологического процесса на 5 – 7%.

Раевская Л.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) raevskaya@usfeu.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОРШНЯ

PISTON TECHNOLOGICAL PARAMETERS OPTIMIZATION

Самым распространенным из семейства аксиально-поршневых реверсивных пневмомоторов является пневмомотор ДАР-14М, имеющий следующие технические характеристики: мощность – 10 кВт; частоту вращения (номинальное значение) – 400 об/мин; давление воздуха – 0,5 МПа; диаметр поршня – 82 мм. Поршень пневмомотора ДАР-14М литой, изготовлен из сплава АК7М2 (А – алюминий, К – кремний, 7%, М – медь, 2%). Литейные алюминиевые сплавы (ГОСТ 2685-75) обладают свойством жидко-текучести, имеют сравнительно небольшую усадку и используются в основном для фасонного литья. Нами в настоящей работе использовались следующие свойства вышеуказанного сплава: плотность $\rho = 2,8 \text{ г/см}^3$, модуль упругости 1 рода $E = 71000 \text{ МПа}$, коэффициент Пуассона $\nu = 0,31$ [1].

Настойчивая деятельность проектировщиков, изготовителей, эксплуатационников в конце прошлого столетия позволила существенно повысить надежность и долговечность пневмомоторов, в том числе и ДАР-14М. Сейчас не наблюдаются такие отказы как распрессовка металлических или резиновых заглушек, скалывание кулачкового диска ротора, заклинивание поршней. Анализ оставшихся причин отказов пневмомоторов показал, что 80% отказов происходит из-за разрушения поршней, 12% - кулачкового диска ротора, 4% - пластмассовых заглушек цилиндров и т.д. Очевидно, что основное число отказов связано с поршнем.

Проведение конструктивных мероприятий для повышения надежности поршней пневмомоторов существенно упростилось за последнее десятилетие в связи с появлением инженерных программных комплексов таких, например, как ANSYS.

Математическое моделирование напряженно – деформированного состояния дает возможность разработки и внедрения, новых более точных методик расчета и оптимизации деталей пневмомоторов. Таким образом, исследования, направленные на разработку обоснованных методик расчета и проектирования, являются актуальной задачей. В настоящей работе мы ограничимся рассмотрением пневмомотора ДАР 14М, как наиболее востребованного в последнее время.

Постановка задачи

Из проведенных ранее исследований [2,3] следует, что возможно одной из причин разрушения поршня пневмомотора является то, что он испытывает кроме растяжения - сжатия еще и деформацию изгиба. Изменение положения деформированного поршня относительно недеформированного хорошо видно на рис.1 (особенно для точек левого торца поршня).

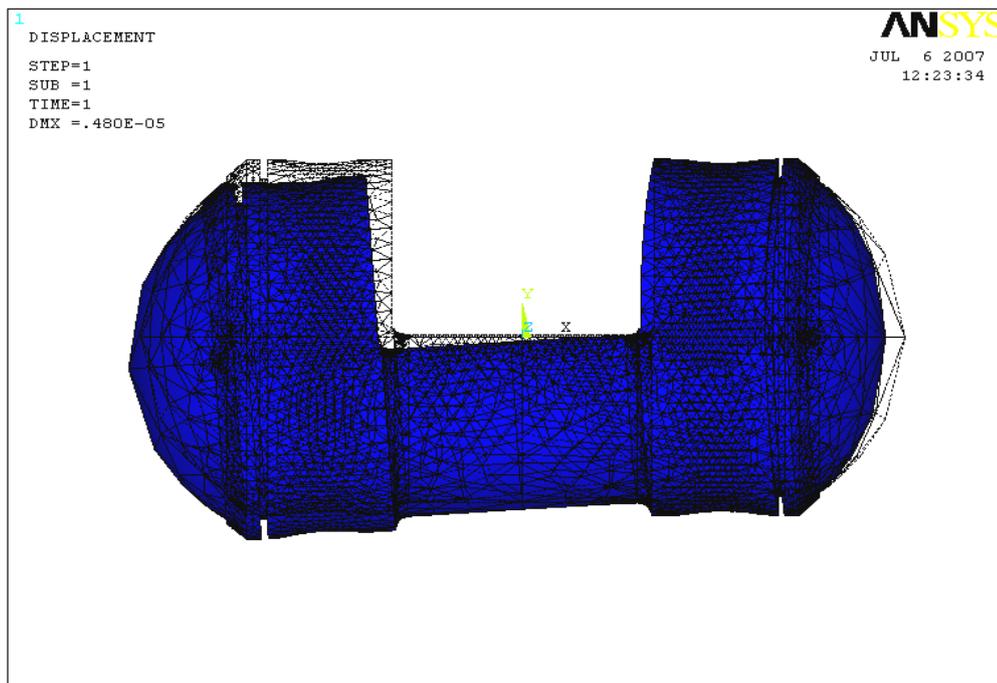


Рисунок 1 – Деформированное и недеформированное состояния поршня

Это приводит к нежелательному смещению точек торца поршня вдоль оси У, перпендикулярной к оси поршня Х. Кроме того, появляются значительно выше средних значения напряжения в области соединения ребра жесткости и опоры под поршневой палец (рис.2).

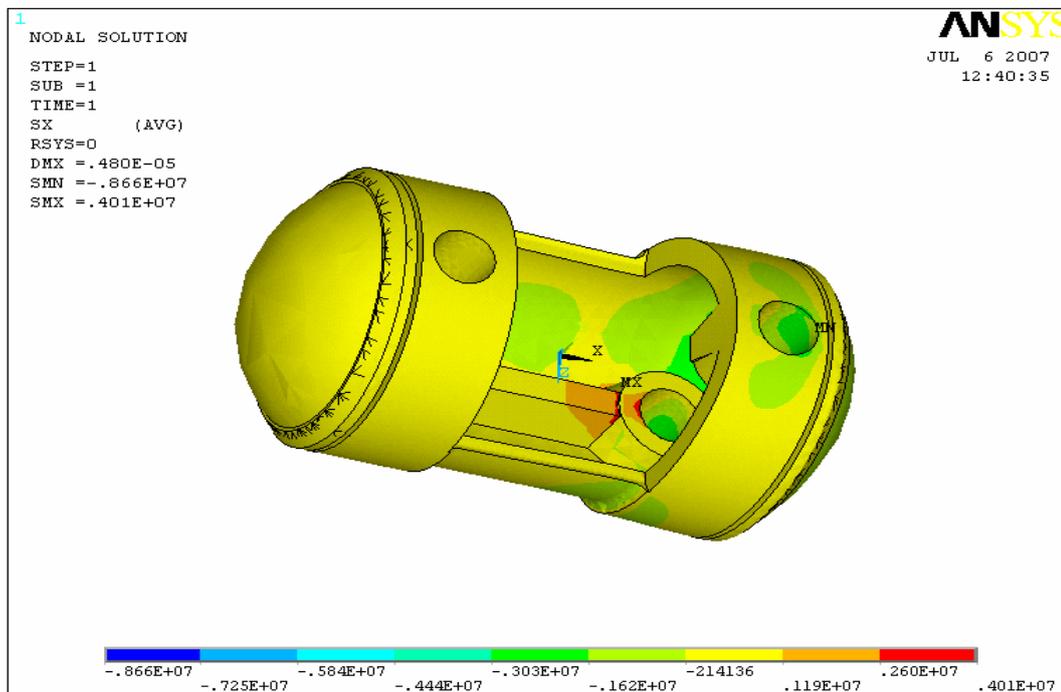


Рисунок 2 – Напряжения вдоль оси поршня

В верхней части области соединения ребра жесткости и опоры под поршневой палец появляются значительные растягивающие напряжения ($0,401 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$).

На рис.2 показано, что верхняя часть ребра жесткости растянута, в то время как нижняя – сжата. На рис.3 цветом отмечено смещение точек поршня относительно оси U при перемещении вдоль оси поршня. Максимальное смещение наблюдается у точек, расположенных на левом торце поршня. Это смещение достигает значения $0,437 \cdot 10^{-5}$ м. Расчет поля напряжений, деформаций, смещений в теле поршня пневмомотора ДАР-14М произведен с помощью комплекса программ ANSYS относительно всех осей.

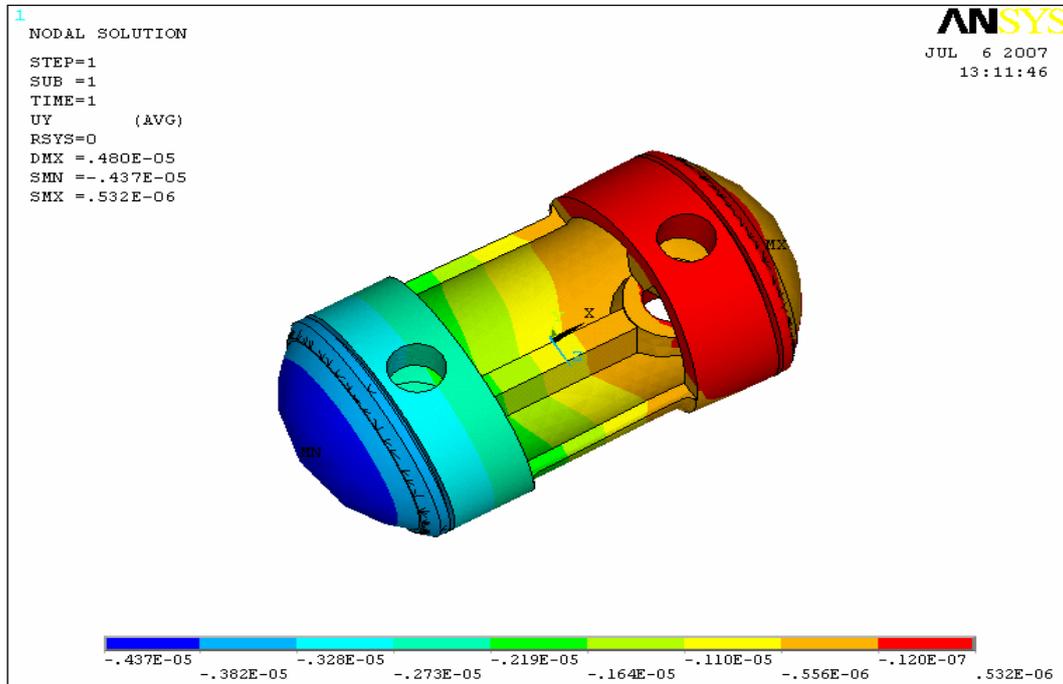


Рисунок 3 – Смещение точек поршня вдоль оси U

Смещение нарастает при движении от правого торца поршня, где приложена нагрузка, к левому. Причина появления деформации изгиба заключается в том, что линия действия равнодействующей внешних сил P , которая совпадает с осью поршня, не совпадает с осью ребра жесткости. Эта линия смещена относительно оси ребра жесткости на расстояние Y_0 , оставаясь параллельной этой оси (рис.4). Возникает внецентренное растяжение – сжатие, что как известно приводит к появлению в сечениях ребра жесткости не только нормальной силы, но и изгибающего момента, равного $M = P \cdot Y_0$. Плоскость действия момента – XU (см. рис.1), поэтому поворот сечений происходит вокруг оси Z . В этом случае добавка в нормальном напряжении, связанная с появлением изгибающего момента по нашим оценкам на порядок больше составляющей, связанной с нормальной силой. Очевидно, для уменьшения величины момента необходимо уменьшить плечо Y_0 (при постоянном значении силы P). Это возможно, если изменить так форму сечения, чтобы его центр тяжести приблизить к оси поршня.

Задача расчета заключалась в исследовании влияния параметров ребра жесткости, в частности, параметров сечения на напряженно-деформированное состояние поршня. Цель такого исследования – определение таких параметров конструкции, при которых смещения, напряжения и деформации становятся меньше, существующих в данном поршне в настоящее время. Так как проблема сложная, то для решения задачи привлекались численные методы.

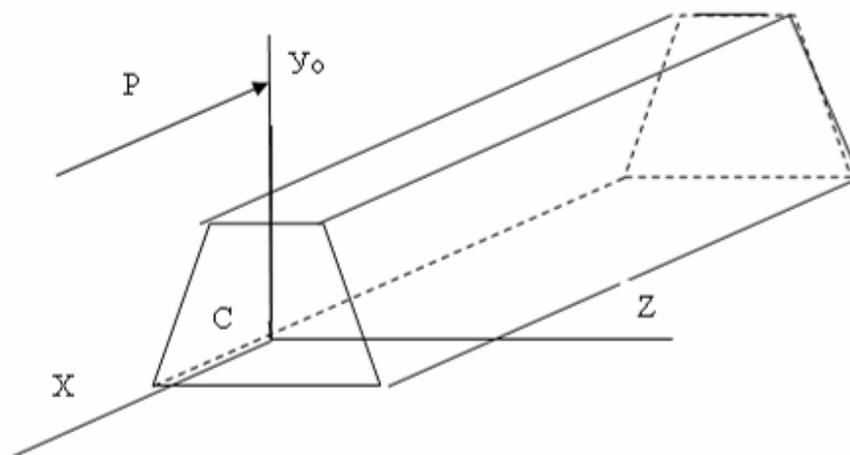


Рисунок 4 – Ребро жесткости (Точка С – центр тяжести сечения; X – ось ребра жесткости; Y_0 – координата точки приложения силы P)

Последовательность расчета

1. Геометрическая модель поршня была построена в программе ANSYS. При расчете использовалась конечно-элементная модель с упорядоченной сеткой конечных элементов, состоящей из 10-точечных тетраэдрических элементов (элемент SOLID92 в библиотеке конечных элементов ANSYS).

2. В программном файле ANSYS последовательно менялись параметры сечения – основания трапеции - а, в - и затем проводился расчет напряжений, деформаций и смещений при новых заданных параметрах. Набор выбранных для анализа параметров сечения приведен в таблице.

В поршне пневмомотора ДАР-14М ребро жесткости имеет длину 60 мм, сечение, перпендикулярное оси ребра, имеет геометрическую форму трапеции с верхним основанием $a = 8$ мм, нижним основанием $b = 16$ мм. Высота трапеции (рис.4)– 15 мм.

Таблица – Набор параметров сечения ребра жесткости

Номер сечения	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a (мм)	8	12	12	16	20	16	16	20	20
b (мм)	16	12	16	12	8	16	20	12	4

3. Результаты вычисленных значений напряжений, деформаций и смещений для разных сечений приведены ниже на графиках (рис. 5 – 7).

Ограничения:

1. Высота ребра жесткости не должна была превышать исходное значение. Это связано с движением кулачкового ротора, который не должен задевать ребро жесткости. Высота была выбрана постоянной для всех видов сечений и равной исходному значению $h = 15$ мм.

2. Для некоторых сечений масса ребра жесткости несколько возрастала. Этим увеличением пренебрегали в данном расчете.

3. Выбор параметров в качестве первого приближения делался с шагом 4 мм.

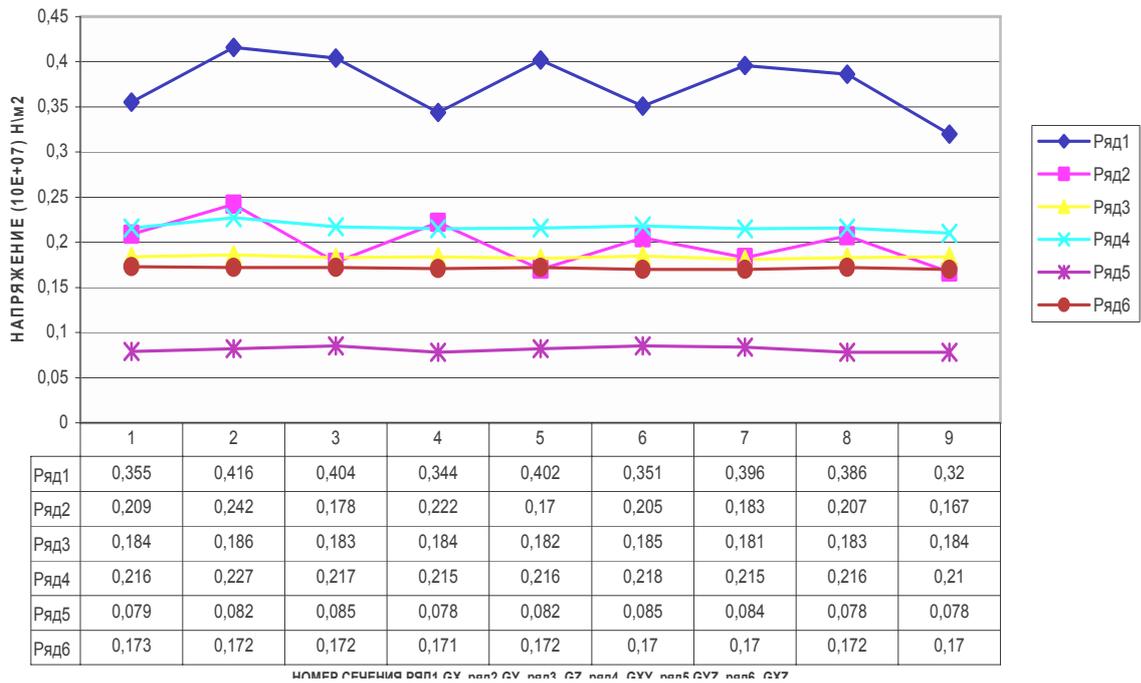


Рисунок 5 – Графики напряжений

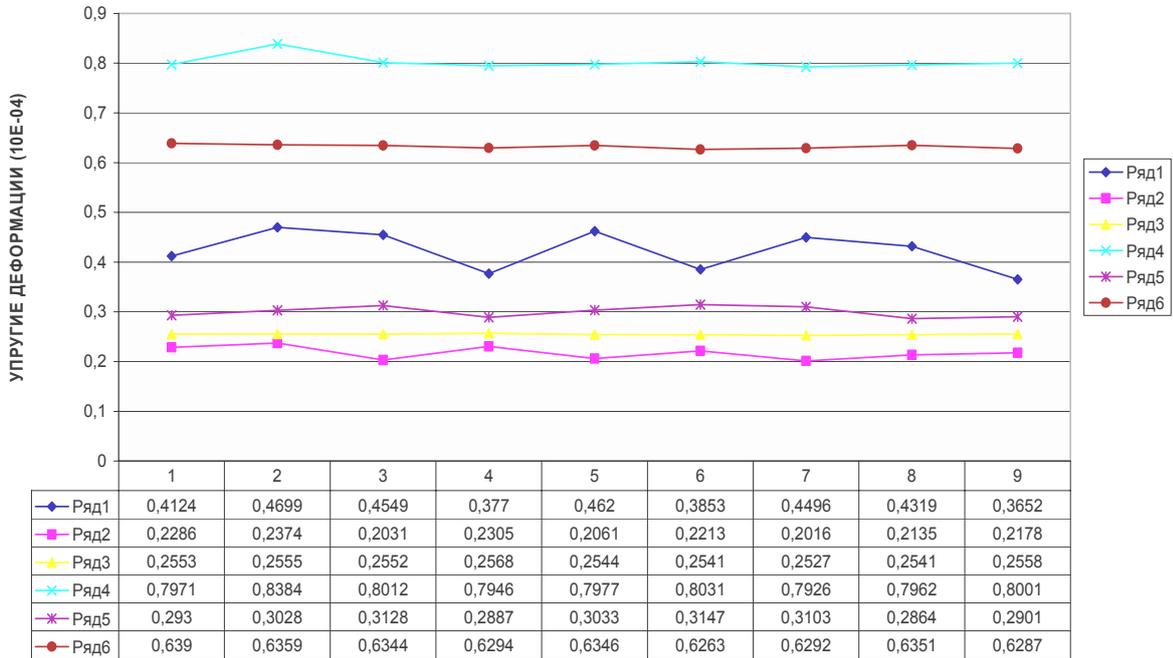


Рисунок 6 – Графики упругих деформаций

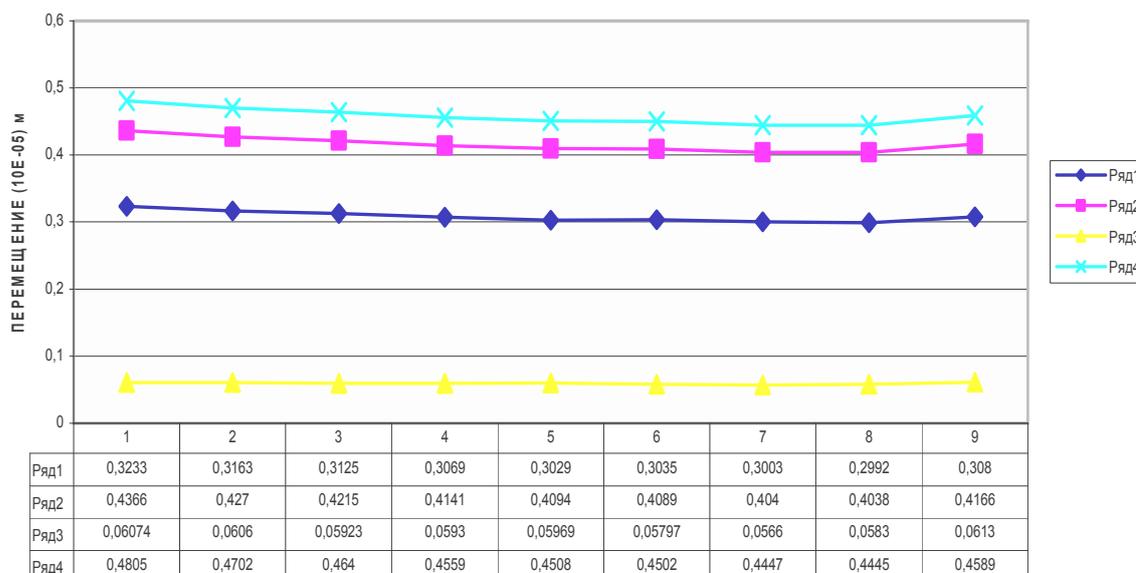


Рисунок 7 – Графики перемещений

Результаты

1. Получены зависимости характеристик напряженно-деформированного состояния от параметров ребра жесткости.

2. Как следует из графически представленных результатов расчета, наименьшие напряжения по осям X, Y получены для сечения номер 9 с параметрами 20-4 (а-в); по оси Z и в плоскости XY - для сечения номер 7, с параметрами 16-20; в плоскости YZ - для сечений 4,8,9 с параметрами 16-12, 20-12 и 20-4; в плоскости XZ - для сечений 6,7,9 с параметрами 16-16, 16-20, 20-4. Таким образом, наиболее эффективными оказались сечения с номерами 9 и 7, а также 4, 6, 8.

3. Упругие наименьшие деформации получены вдоль оси X для сечения 9 с параметрами 20-4, относительно осей Y, Z - для сечения номер 7 с параметрами 16-20, в плоскости XY - для сечения номер 7, в плоскости YZ - для сечения номер 8 с параметрами 20-12, наконец в плоскости XZ- для сечения 6 с параметрами 16-16. Эффективными оказались сечения 9, 7, а также 6,8.

4. Наименьшие перемещения точек поршня получены следующие. Вдоль оси X, Y - для сечения 8 с параметрами 20-12, вдоль оси Z- для сечения номер 7 с параметрами 16-20, суммарное перемещение - для сечения номер 8 с параметрами 20-12. По параметру «смещение» более удачными оказались сечения 7, 8.

5. Наименее удачный выбор - сечение номер 2 с параметрами 12-12, т.е. прямоугольное сечение. Практически все напряжения и упругие деформации оказались наибольшими. Хотя следует отметить, что смещения в этом случае оказались все-таки меньше смещений существующих у поршня пневмомотора ДАР-14М. У следующего прямоугольного сечения - сечения 6- характеристики лучше, чем у сечения 2.

6. У пяти сечений (номера 2,3,5,7,8) нормальное напряжение вдоль оси поршня - по оси X - даже превышает наблюдаемое в поршне двигателя ДАР14М.

7. Из 9-ти сечений два сечения имеют прямоугольную форму (номера 2,6), три сечения (1,3,7) имеют форму трапеций с верхним основанием меньше по размеру нижнего, остальные сечения – в форме перевернутой трапеции. Сечения в виде перевернутой трапеции оказались самыми эффективными.

8. Сечения с номерами 2,9 не увеличивают массу поршня (их площадь равна площади существующего сечения, т.е. сечения под номером 1), что является предпочтительным.

Выводы. Рекомендации

1. Полученные результаты указывают на то, что существующее ребро жесткости в виде трапеции с параметрами $a = 8$ мм, $b = 16$ мм у поршня пневмомотора ДАР-14М, не является оптимальным. Простой выбор нескольких других сечений привел в более предпочтительному напряженно-деформированному состоянию.

2. Хотя сечения в виде перевернутой трапеции оказались самыми эффективными, рекомендовать их следует с учетом следующего обстоятельства: учитывая то, что поршень – литой, необходимо выяснить, возможна ли отливка детали с такой формой сечения ребра жесткости.

3. Окончательный ответ на вопрос, какое сечение ребра жесткости наиболее эффективно, давать преждевременно. Следует исследовать и сечения с другими параметрами. При этом желательно сохранить массу равной исходной.

4. Поскольку самое большое напряжение вдоль оси поршня, то следует получить аналитическое выражение для этой величины и используя, например, метод неопределенных множителей Лагранжа, свести задачу оптимизации с ограничениями к задаче, решаемой методами исследования функций классического анализа [4].

Библиографический список

1. Гуляев А.П. Металловедение. Изд. Металлургия, М., 1966, 4-е издание, с.431.
2. Раевская Л.Т. Математическое моделирование динамических процессов в аксиально-поршневых пневмомоторах. 1X Всероссийский съезд по теоретической и прикладной механике. Аннотации докладов. Т. 111 (Нижний Новгород, 22-28 августа 2006). Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета им. Н.И.Лобачевского, 2006. с.181-182.
3. Раевская Л.Т. Динамическое моделирование напряженно – деформированного состояния элементов аксиально-поршневых пневмомоторов. Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды евразийского симпозиума / Под ред. И.Т. Глебова. – Екатеринбург. 2006 г. С.193-200.
4. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления, том 1. М., 1966 г., 608 с.

Аникеенко А. Ф., Гришкевич А. А. (БГТУ, г. Минск, РБ)

dosy@bstu.unibel.by

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

RESEARCH OF WOOD PROCESSING AND WOOD MATERIALS OF A MILLING METHOD

Введение

Одним из основных условий повышения производительности труда и качества выпускаемой продукции с минимальными энергозатратами в деревообрабатывающей промышленности является разработка и внедрение оптимальных режимов резания. Для этого разработаны расчётные методы, позволяющие устанавливать режимы фрезерования древесины. Однако, при изготовлении корпусной, мягкой и других видов изделий мебели широко используются древесноволокнистые плиты средней плотности. Расчёта, позволяющего получить рациональные режимы фрезерования кромок указанных древесных материалов, до настоящего времени не имеется. Некоторые производители деревообрабатывающего оборудования и инструмента дают свои рекомендации по режимам фрезерования МДФ, но они предлагаются в довольно широких диапазонах и не учитывают специфику материала.

Методическая часть

Целью исследований является определение влияния основных технологических параметров на силовые характеристики процесса фрезерования при обработке древесины и древесных плитных материалов. В таблице 1 представлена методическая сетка опытов, где h -высота припуска, D -диаметр фрезы, e -толщина стружки, L -длина заготовки, Z -число зубьев, V -скорость резания, U_z -подача на зуб, u -подача, n -частота вращения шпинделя, N -потребляемая мощность

При проведении исследований особый интерес представляют:

- а) влияние скорости резания на потерю режущей способности инструмента;
- б) изменение мощности от пути резания;
- в) влияние толщины стружки на потребляемую мощность.

Для определения области исследований были проведены предварительные эксперименты. Критерием потери режущей способности инструмента был установлен качественный показатель: появление сколов на поверхности облицованной плиты.

Для фундаментальных исследований, как правило, используется классическая методика – однофакторное планирование [1]. Планы, рекомендуемые для исследования процессов резания древесины, рассматриваются в трудах А.А. Пижурин [2].

При разработке экспериментальной установки учтены следующие требования:

- а) возможность осуществления производственных режимов резания;
- б) надежность и безопасность установки, жесткость ее узлов и наименьшая инерционность системы, регистрирующей усилие.

Таблица 1 – Методическая сетка опытов

h	D	e	V	Uz	u	n	N (кВт)		
2	125	0,2	10	1,581	2,42	1527,9	0,011781		
			20		4,83	3055,8	0,030601		
			30		7,25	4583,7	0,046176		
			40		9,66	6111,5	0,062029		
			50		12,1	7639,4	0,07365		
		0,3	10	2,372	3,62	1527,9	0,019456		
			20		7,25	3055,8	0,038385		
			30		10,9	4583,7	0,053816		
			40		14,5	6111,5	0,070078		
			50		18,1	7639,4	0,083131		
		0,4	10	3,162	4,83	1527,9	0,025592		
			20		9,66	3055,8	0,04542		
			30		14,5	4583,7	0,048439		
			40		19,3	6111,5	0,079899		
			50		24,2	7639,4	0,073794		
		0,5	10	3,953	6,04	1527,9	0,022161		
			20		12,1	3055,8	0,040522		
			30		18,1	4583,7	0,056335		
			40		24,2	6111,5	0,098439		
			50		30,2	7639,4	0,07748		
		0,6	10	4,743	7,25	1527,9	0,029517		
			20		14,5	3055,8	0,056421		
			30		21,7	4583,7	0,057888		
			40		29	6111,5	0,07509		
			50		36,2	7639,4	0,108198		
		4	125	0,2	10	0,04	1,70	1527,9	0,019298
					20		3,41	3055,8	0,048091
					30		5,12	4583,7	0,064218
					40		6,83	6111,5	0,091004
					50		8,54	7639,4	0,112197
0,3	10			0,048	2,56	1527,9	0,028967		
	20				5,12	3055,8	0,0582		
	30				7,68	4583,7	0,062476		
	40				10,24	6111,5	0,104608		
	50				12,81	7639,4	0,133187		
0,4	10			0,056	3,41	1527,9	0,032393		
	20				6,83	3055,8	0,065869		
	30				10,24	4583,7	0,098523		
	40				13,66	6111,5	0,117879		
	50				17,08	7639,4	0,154251		
0,5	10			0,063	4,27	1527,9	0,038195		
	20				8,54	3055,8	0,073168		
	30				12,81	4583,7	0,101051		
	40				17,08	6111,5	0,149761		
	50				21,35	7639,4	0,168268		
0,6	10			0,069	5,12	1527,9	0,046892		
	20				10,24	3055,8	0,076904		
	30				15,37	4583,7	0,1061		
	40				20,49	6111,5	0,157085		
	50				25,62	7639,4	0,189285		

Экспериментальная установка, создана на базе обрабатывающего центра Rover B4.35 (рис. 1) с числовым программным управлением (ЧПУ) (производства фирмы «BIESSE»).

Базовая машина является серийной, что позволяет воспроизвести промышленные режимы резания в широком диапазоне переменных факторов различными инструментами.

Принцип работы установки (рис. 1) следующий: двигатель мощностью 7,5 кВт управляется посредством преобразователя. Commander SE запараметризован выдавать на сервисные каналы текущую мощность на валу двигателя. Сигнал поступает на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) и после преобразования записывается персональным компьютером. Данные, поступающие в компьютер, регистрируются специальной программой а затем анализируются в специализированных программах типа MathCad, Mathematica, Excell, которые строят графические и математические зависимости получаемых данных.

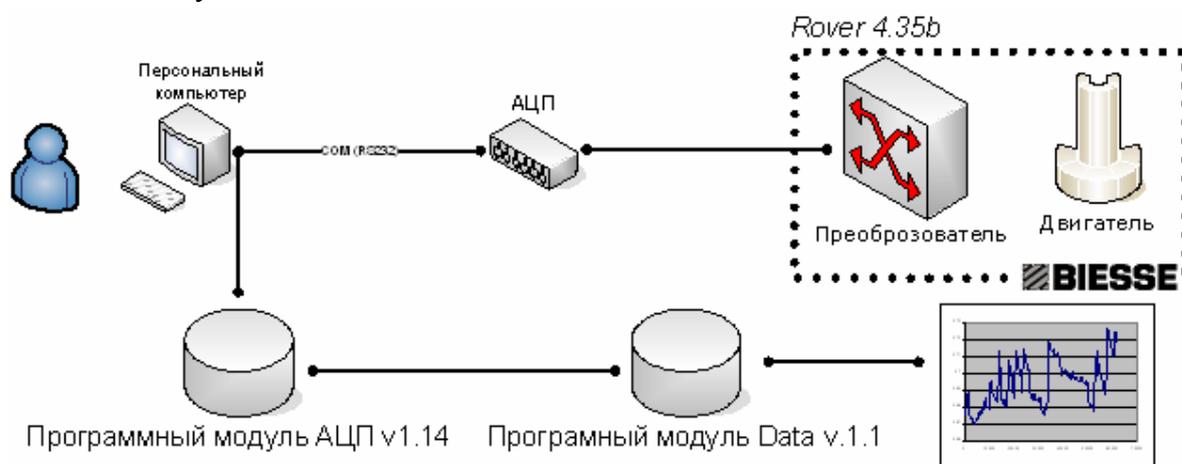


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментальной установки

На экспериментальной установке выполняется обработка материала, как показано на рис. 2.

Уникальность установки заключается в том, что она позволяет регистрировать мощность в процессе обработки на протяжении всего периода, т. е. от начала работы острым резцом до конечного износа инструмента. Кроме этого, разработанное программное обеспечение позволяет в автоматическом режиме регистрировать холостой и рабочий ход инструмента, при этом программа четко разделяет и дает возможность записывать их по отдельности или вместе. Тем самым получаемый график представляет собой непрерывную кривую всего процесса, из которого исключен холостой ход инструмента.

При проведении эксперимента используются новые одинаковые пластинки из твердого сплава, однородность и идентичность данных пластинок подтверждается предварительным сравнением их параметров под микроскопом с большим увеличением (рис. 3).

Каждый из проводимых экспериментов проходит многократное повторение, тем самым исключается возможность влияния случайных факторов на получаемые результаты.

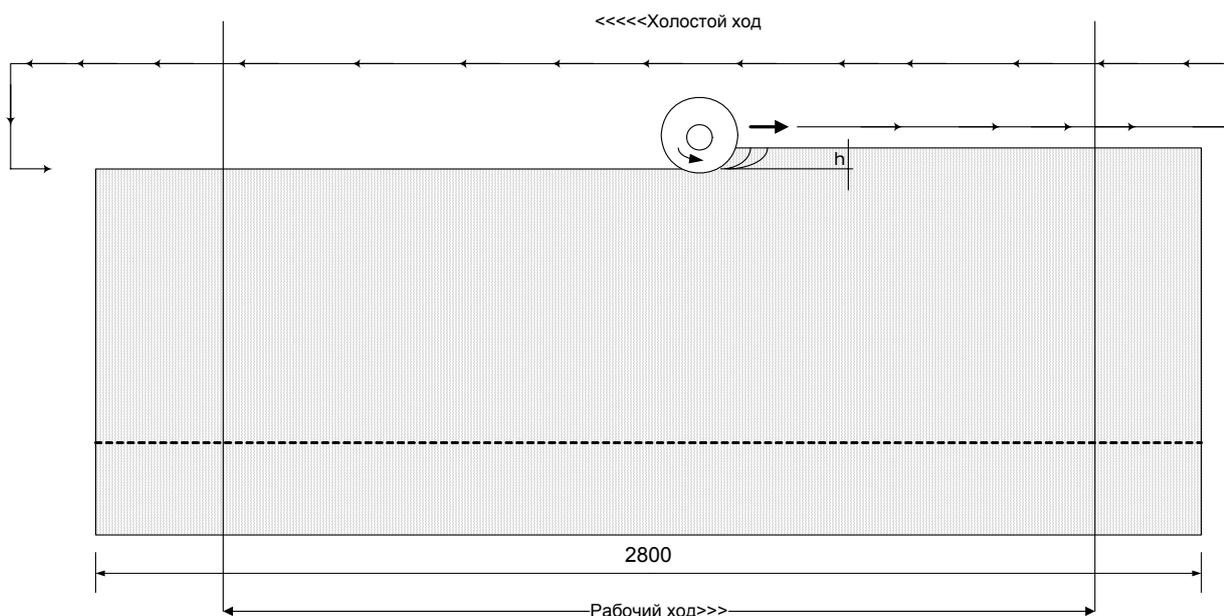


Рисунок 2 – Схема обработки материала

Обрабатываемый материал подготавливается следующим образом: вырезаются заготовки одинаковой длины и ширины из материала одной партии, тем самым, приближая к однородности физико-механические характеристики. Как правило, обрабатываемый материал имеет неоднородную структуру (рис. 4), но при этом плотность в среднем остается одинаковой.

Технические характеристики станка, на базе которого создана установка, позволяют с высокой точностью воспроизводить заданные режимы. Поэтому эксперимент проводился классическим методом и имел множество повторений. Переменные факторы, такие, как скорость подачи, частота вращения инструмента, припуск на обработку, изменялись в широких пределах с минимальным шагом. Такая методика дала возможность исследовать широкие диапазоны режимов фрезерования.

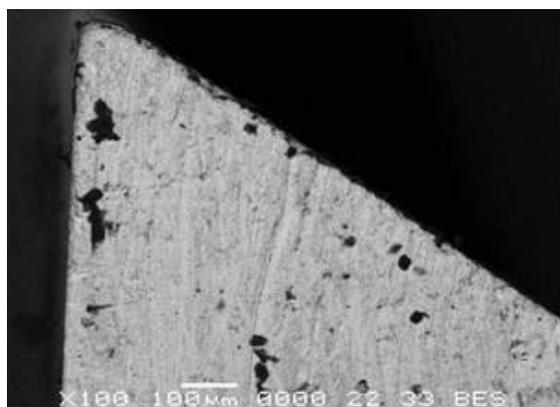


Рисунок 3 – Макрофотография реза

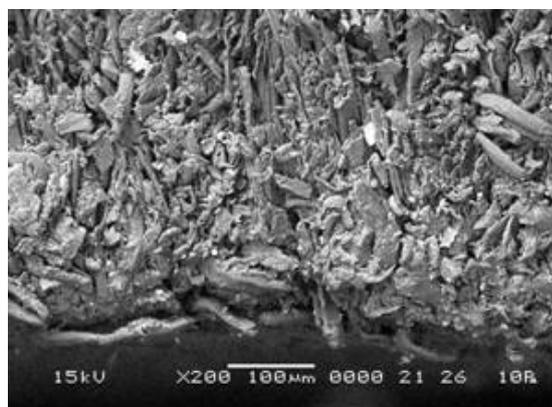


Рисунок 4 – Макрофотография материала

Экспериментальная часть

Данные, полученные в результате многократного повторения эксперимента, усреднялись и проходили статистическую обработку. По полученным результатам строились графические зависимости (рис. 5).

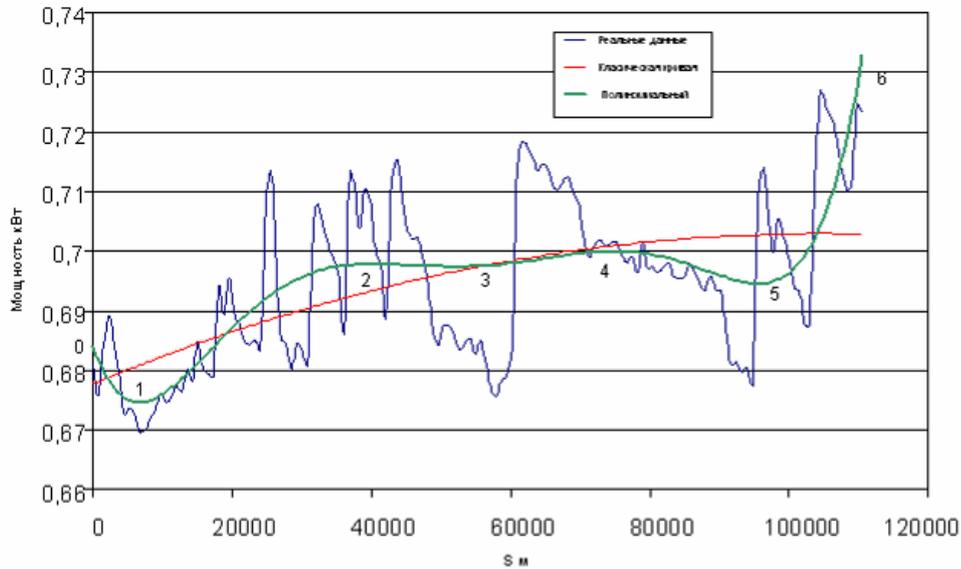


Рисунок 5 – График зависимости влияния пути контакта на потребляемую мощность при $h = 2$ мм, $D = 125$ мм, $U = 12,6$ м/с, $n = 8000$ мин⁻¹

Анализ полученных данных показывает, что кривая износа и роста мощности отличается от классической. Наблюдается рост и падение мощности в процессе обработки.

При проведении анализа полиномиальной кривой следует обратить внимание на участок 0-1, где мощность на резание уменьшается с увеличением пути резания. Это объясняется приработочным износом задней грани резца, угол заострения которого первоначально был равен $\beta_1 = 75^\circ$ (рис 6).

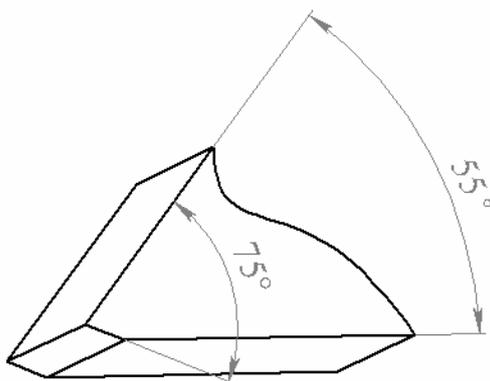


Рисунок 6 – Схема кромки резца, где $\beta_1 = 75^\circ$, $\beta_2 = 55^\circ$

На участке 1-2 рост мощности объясняется механическим диспергированием лезвия резца с увеличением радиуса округления (рис 7). Участок 2-3 характеризуется падением мощности, что объясняется уменьшением угла β_2 в результате износа передней и задней граней (рис 8).

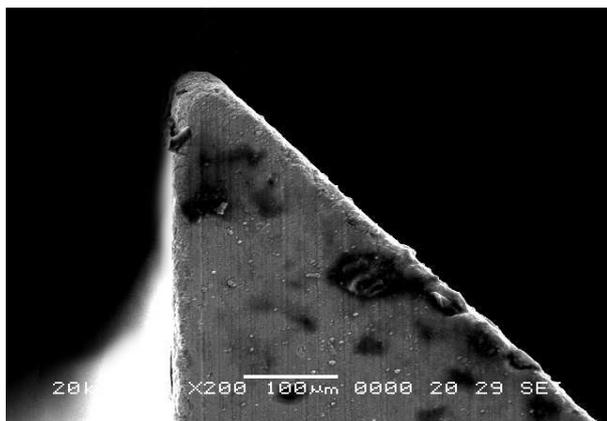


Рисунок 7 – Увеличение радиуса закругления

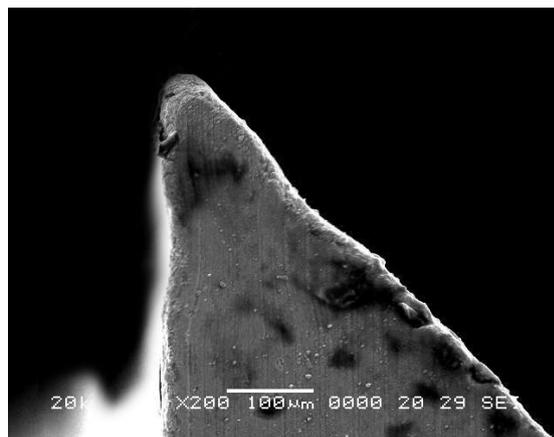


Рисунок 8 – Образование лунок на передней и задней грани резца

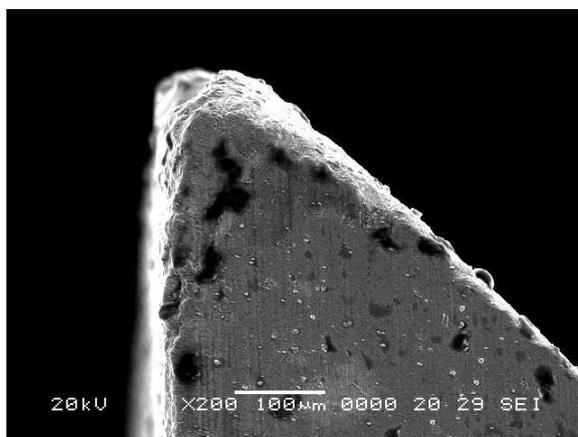


Рисунок 9 – Повышенный износ режущей кромки

Рост мощности на участке 3-4 характеризуется повышенным износом лезвия рис.9. Участок 4-5 объясняется теми же процессами, что и на участке 2-3. Кривая на участке 5-6 характеризуется потерей режущей способности резца по критерию качества обработки (сколы на пласти обрабатываемого материала) и резким увеличением потребляемой мощности, а так же интенсивным износом поверхностей резца.

Выводы

1. Предлагаемая методика позволяет проводить эксперимент в промышленных диапазонах эксплуатации оборудования.
2. Непрерывность эксперимента дает возможность получать реальную информацию исследуемого процесса.
3. Анализ получаемых данных позволяет с высокой достоверностью делать выводы об эффективности тех или иных режимов.
4. Полученные данные показывают циклическое изменение мощности от длины дуги контакта.

Библиографический список

1. Любченко В. И. Резание древесины и древесных материалов, – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – С. 282.
2. Пижурин А. А. Моделирование и оптимизация процессов деревообработки.– М.: МГУЛ, 2004. –375 с.

Клубков А.П., Гришкевич А.А. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

СБОРНЫЙ НОЖ ДЛЯ ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫМИ ПЛАСТИНАМИ

MODULAR KNIFE FOR LONGITUDINAL-MILLING MACHINE TOOLS

Предприятия деревообрабатывающей и мебельной промышленности Республики Беларусь все больше пополняют свой станочный парк новыми высоко производительными станками, обрабатывающими центрами, автоматическими линиями. Однако эффективное использование этого оборудования возможно только при наличии качественного и производительного дереворежущего инструмента. Особенно остро встал вопрос о режущем инструменте при применении в мебельной промышленности, наряду с натуральным шпоном, в качестве декоративного покрытия древесных плит синтетических облицовочных материалов: пленки на основе бумаг, пропитанных терморезистивными полимерами с частичной (ламинированные) и полной (синтетический шпон) поликонденсацией смолы, пленки на основе термопластичных полимеров (полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида) и декоративные бумажно-слоистые пластики. Эти материалы обладают высокой абразивной способностью, в результате чего стальной режущий инструмент быстро изнашивается и стойкость его до затупления резко снижается. Все это приводит к снижению производительности с большими простоями деревообрабатывающего оборудования из-за частой замены затупившегося лезвия инструмента и вынужденного изменения режимов резания. Поэтому для обработки таких древесных материалов применяют режущие инструменты цельные твердосплавные или армированные твердым сплавом, которые по твердости, износостойкости и термостойкости превосходят все инструментальные стали.

Известные составные (твердый сплав – стальная подложка), режущие инструменты для деревообрабатывающих станков – рейсмусовых, четырехсторонних, продольно-фрезерных, фуговальных и фрезерных, практически не применимы, так как для получения длинных ножей отсутствует технология их производства.

Инструментальной промышленностью освоено производство плоских ножей, армированных твердым сплавом, длиной 25, 40, 60, 90, 110 мм. Эти размеры не могут удовлетворить деревообрабатывающую промышленность, так как для применения к выше названным деревообрабатывающим станкам необходимо иметь ножи длиной от 25 до 810 мм.

Составные твердосплавные ножи изготавливают пайкой. Принципиальной особенностью напайки твердого сплава на стальные подложки является то, что соединяются два совершенно различных (как по химическому составу, так и по физико-механическим свойствам) материала. Все это накладывает определенные условия на работоспособность и долговечность твердосплавного инструмента.

Так, низкая теплоемкость твердых сплавов в сочетании с высоким электрическим сопротивлением обуславливает более быстрый нагрев твердого сплава, чем стальной подложки. Пониженная теплопроводность твердых сплавов создает при нагреве и охлаждении резкие перепады температур, которые вследствие пониженных прочност-

ных характеристик твердого сплава при растяжении и изгибе могут нарушить целостность твердого сплава, следствием чего является образование в нем микро и макротрещин.

Значительная разница в коэффициентах линейного расширения твердых сплавов (ВК-8 – $E = 540000 \text{ Н/мм}^2$, сталь 45 – $E = 204000 \text{ Н/мм}^2$), и стальной подложки приводит при охлаждении составного инструмента после пайки к образованию остаточных напряжений и деформаций в пластинке и подложке [1], вызывая в них значительные внутренние напряжения [1], которые сопутствуют появлению трещин в твердом сплаве. Твердые сплавы при нагревании на воздухе окисляются особенно интенсивно при температуре 950–1100 °С. При этом образуются пленки окислов, которые представляют собой пористое и хрупкое образование с низкими механическими свойствами.

После напайки твердого сплава на стальные подложки происходит охлаждение инструмента, что вызывает коробление всего монолитного соединения [1]. Для придания ножам требуемой геометрической точности после остывания они подлежат правке или вальцеванию.

Стойкость и долговечность такого инструмента при обработке древесностружечных, древесноволокнистых плит, фанеры и плит MDF довольно низкая. Вследствие этого снижается эффективность применения такого дорогостоящего, дефицитного и износостойкого материала, которым являются твердые сплавы.

Суть альтернативы состоит в применении неперетачиваемых твердосплавных пластинок.

Неперетачиваемые твердосплавные пластинки имеют ряд преимуществ по сравнению с напаянными пластинами:

- 1) повышение стойкости на 30-40% по сравнению с лучшими образцами напаянного инструмента;
- 2) повышение производительности обработки;
- 3) сокращение стоимости обработки за период стойкости инструмента;
- 4) возможность массового производства и применение пластин со стабильными режущими свойствами;
- 5) возможность применения более износостойких марок твердого сплава (ВК60М, ВК100М и др.);
- 6) отсутствие внутренних напряжений в твердом сплаве, вызванных пайкой и заточкой;
- 7) постоянство длины режущих лезвий;
- 8) взаимозаменяемость пластин;
- 9) простота смены режущих пластин;
- 10) упрощение инструментального хозяйства;
- 11) сокращение расхода конструкционной стали на изготовление подложек.
- 12) высвобождение мощности инструментального цеха;
- 13) экономия электроэнергии;
- 14) сокращение расхода твердого сплава и увеличение возврата отходов твердого сплава на переработку.

К недостаткам инструмента с неперетачиваемыми твердосплавными пластинками можно отнести:

- 1) повышение сложности изготовления державки для длинных ножей;

- 2) вынужденная и не всегда оптимальная геометрия инструмента;
- 3) увеличенные габариты длинного ножа.

На кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов БГТУ разработали конструкцию сборного ножа с неперетачиваемыми твердосплавными пластинками. Ножи можно изготавливать различной длины от 60 до 1200 мм с любой градацией; зависящей от длины твердосплавной пластины.

На рис. 1. приведена конструкция ножа с неперетачиваемыми твердосплавными пластинами.

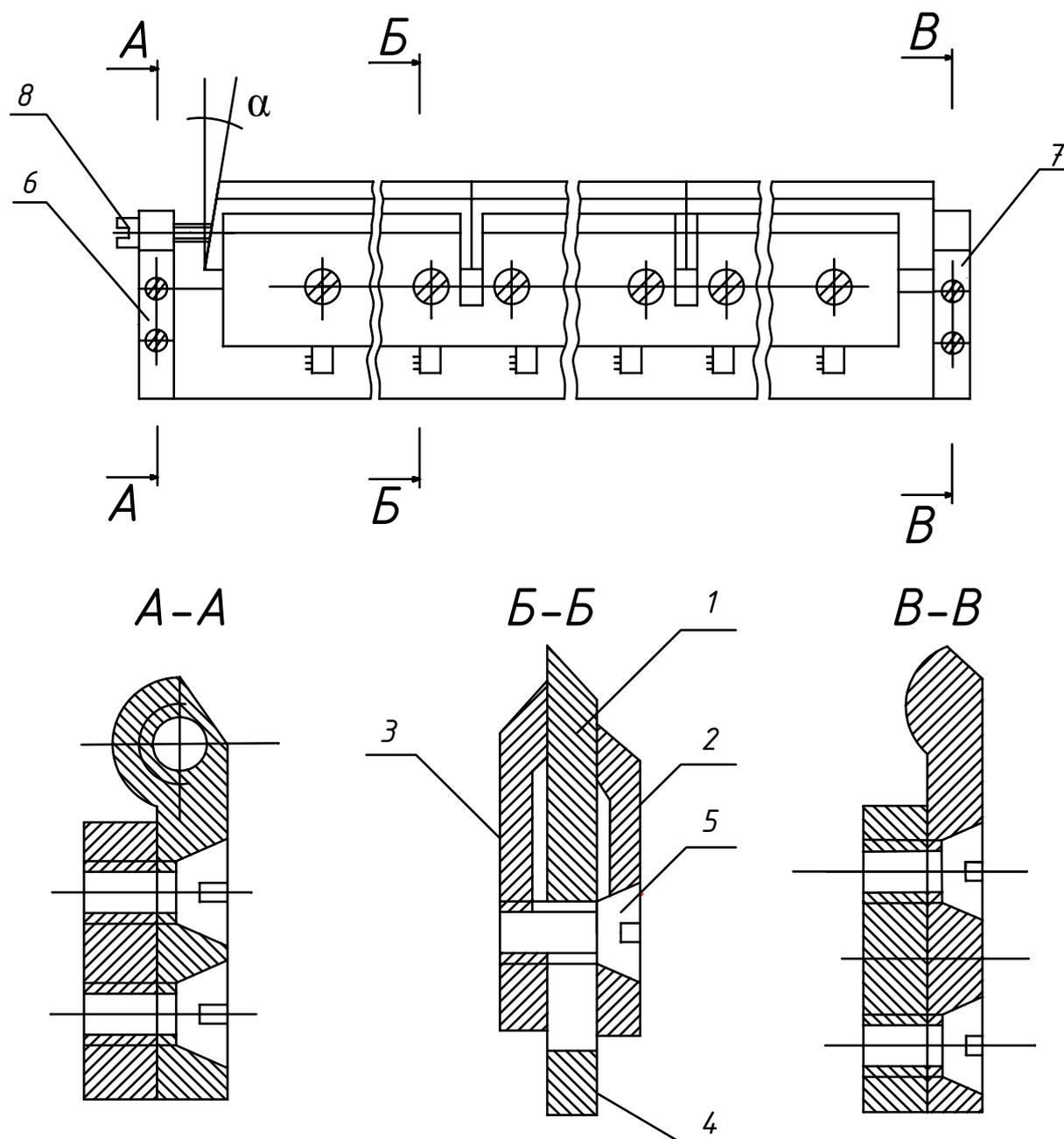


Рисунок 1 – Сборный нож

Описание конструкции ножа.

Сборный нож состоит из набора неперетачиваемых твердосплавных пластин 1, двух ножедержателей 2 и 3, опорной базирующей линейки 4, крепежных винтов 5, ог-

раничителей 6 и 7, болтового соединения 8. Неперетачиваемая твердосплавная пластинка приведена на рис. 2. Основные параметры системы пластин приведены в таблице.

Угол заострения до $\beta = 45^\circ$ в основном рекомендуется для фрезерования древесины мягких пород.

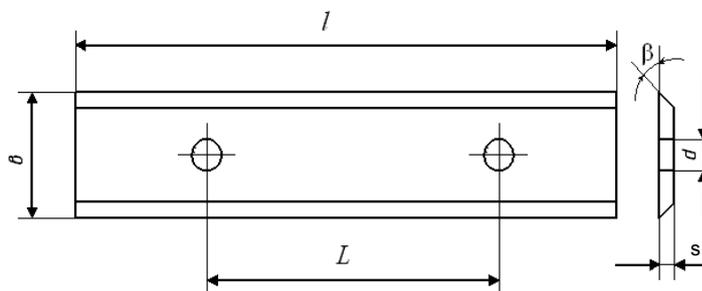


Рисунок 2 – Неперетачиваемая твердосплавная пластинка

Таблица – Параметры неперетачиваемых твердосплавных пластин по ГОСТ 13834-77

$l, \text{мм}$	$b, \text{мм}$	$S, \text{мм}$	$d, \text{мм}$	$L, \text{мм}$	$\beta, \text{град.}$
33				14	
41				26	
51				26	
61				26	
81	15	1,8	4	60	45
91				60	
101				60	
111				60	
131				60	

Угол заострения $\beta = 55^\circ$ применяется для обработки древесностружечных плит средней и высокой плотности MDF и XDF, а также для обработки древесных материалов, древесины твердых и экзотических пород. Фирмы LEUCO, LEITZ, GUNDO, FABA, Stehle, ИБЕРИУС – Киев [2] и многие другие оснащают фрезерные инструменты неперетачиваемыми многогранными твердосплавными пластинами.

Подобного решения вопроса производителями инструмента дальнего и ближнего зарубежья не предлагается.

Библиографический список

1. А. А. Клубков Повышение износостойкости и прочности твердосплавного режущего инструмента для обработки древесных материалов фрезерованием; Дис.... канд. техн. наук: 05.21.65. – Минск, 1997. – 165 с.
2. Каталоги фирм: LEUCO, LEITZ, GUNDO, Stehle, Ибериус – Киев, FABA.

Раповец В. В., Бурносов Н.В. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

**РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ БРЕВЕН НА
ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКАХ, ОСНАЩЕННЫХ ФРЕЗАМИ
СО СПИРАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ
ДВУХЛЕЗВИЙНЫХ РЕЗЦОВ**

*THE WORKING OF MEASURES ON INCREASING EFFICIENCY OF
LOGS REPROCESSING PROCESS ON THE CHIPPER-CANTERS
EQUIPPED MILLS WITH A SPIRAL ARRANGEMENT DOUBLE-BLADE
OF CUTTERS*

Лесная и деревообрабатывающая промышленность Республики Беларусь находится в стадии активного развития технологий и оборудования для комплексного и экономически оправданного решения вопросов выращивания леса и глубокой переработки древесины.

Деревообрабатывающие предприятия в качестве исходного сырья получают бревна или хлысты, требующие на каждом этапе их переработки максимального выхода пилопродукции и исключения безвозвратных отходов.

В основном для переработки бревен традиционно используются лесопильные рамы, позволяющие выработать сертификационную пилопродукцию. Однако недостатками данной технологии являются повышенные энерго- и трудозатраты и необходимость дополнительной переработки получающихся отходов в виде горбылей и реек. Такая технология оправдана при переработке средне и крупномерных бревен с дополнительным производством мелкогабаритной пилопродукции. Объемы переработки бревен на деревообрабатывающих предприятиях республики относительно невелики и составляют в среднем от 20тыс.-200тыс.м³/год.

Поэтому активно развиваются альтернативные перерабатывающие технологии и производства, среди которых можно выделить линии агрегатной переработки бревен на основе фрезерно-брусующих, фрезерно-пильных, ленточно-пильных и круглопильных станков.

Для каждого предприятия, учитывая его месторасположение, сырьевую базу, профессионально технический уровень работников и другие специфические особенности необходимо проводить комплекс технико-экономических расчетов, позволяющих обоснованно выбрать технологию и оборудование для переработки бревен.

Одним из признанных в мировой практике высоко эффективных способов производительной переработки тонкомерных и среднемерных бревен диаметром от 8-24 см является использование различных конструкций фрезерно-пильных и фрезерно-брусующих линий, основанных на методах агрегатной переработки. В данном случае понятие агрегатной переработки подразумевает в своей основе использование практически безотходных технологий посредством получения пилопродукции и технологической щепы.

Дефицит энергоресурсов дал развитие более полному использованию отходов лесопильно-деревообрабатывающих предприятий для выработки тепловой и других альтернативных видов источников энергии.

К размерно-качественным характеристикам технологической щепы в зависимости от ее назначения предъявляются различные требования. Наиболее высоким требованиям должна отвечать технологическая щепка для целлюлозно-бумажных производств.

Кафедра деревообрабатывающих станков и инструментов Белорусского государственного технологического университета имеет большой опыт по исследованиям в этой области. Разработана и внедрена в производство серия машин типа БРМ. Получены авторские свидетельства на конструкции фрез и двухлезвийных резцов фрезерно-брусующих машин, обеспечивающих высокие размерно-качественные показатели получаемой пласти бруса и технологической щепы.

Процесс переработки древесины на агрегатном фрезерно-брусующем оборудовании имеет свои особенности. Используемый режущий инструмент представляет собой фрезы разнообразных конструкций, одним из требований к которым является обеспечение необходимого фракционного состава технологической щепы и качества поверхности пилопродукции. Известны конструкции многоножевых фрез со спиральным расположением резцов, у которых ножи располагаются по пространственной спирали. Спираль, закручиваясь от периферии к центру, возвышается вдоль оси вращения инструмента. Каждый резец в спирали расположен с превышением относительно предыдущего на величину снимаемого им по толщине слоя древесины.

Длина щепы определяется по известной формуле:

$$l_{щ} = U_z = \frac{1000 \cdot U}{z \cdot n}, \quad (1)$$

где U_z – продольная подача бревна на один нож фрезы, мм;

z – количество ножей на одном уровне спирали, шт;

n – частота вращения фрезы, мин⁻¹;

Размер толщины щепы, получаемой с помощью таких фрез, является постоянным и определяется разновысокостью установки ножей на фрезе. На фрезе может быть расположено несколько ножевых спиралей, что позволяет кратно увеличить скорость подачи бревен в зависимости от необходимой производительности.

Формулу (1) можно переписать в виде:

$$U = \frac{l_{щ} \cdot z \cdot n}{1000}. \quad (2)$$

При средней длине щепы $l_{щ}=25$ мм, как удовлетворяющая всем видам производств ее переработки, увеличение производительности фрезерно-брусующих станков (ФБС) со спиральным расположением резцов может быть достигнуто за счет увеличения количества спиралей (z , шт.) или увеличением частоты вращения фрез (n , мин⁻¹). Увеличение количества спиралей приводит к техническим сложностям изготовления фрез и фиксированного расположения резцов. Увеличение частоты вращения фрез приводит к увеличению мелкой фракции щепы. Необходимо отметить, что увеличение скорости подачи U требует оснащение линий переработки высоко автоматизированными загрузочно-разгрузочными механизмами.

Главными преимуществами щепы, получаемой посредством агрегатов со спиральными торцово-коническими фрезами, является постоянство ее поперечного сечения и фракционного состава.

По конструкции резцы фрезерно-брусующего станка двухлезвийные (рис. 1), и формирование элементов щепы происходит двумя режущими кромками: длинной и короткой.

Короткая и длинная режущие кромки работают в различных условиях резания. Длинная режущая кромка – в условиях поперечного резания и износ ее меньше в отличие от короткой режущей кромки, участвующей в поперечно-торцовом виде резания. Угол между короткой и длинной режущими кромками ножа обеспечивает угол торцевого среза щепы. Предложено использовать не цельные двухлезвийные, а составные резцы с независимыми угловыми параметрами и изучить их отдельное и взаимное влияние на качественные и силовые показатели процесса резания. Конструкция составного двухлезвийного резца позволяет производить замену резцов независимо друг от друга, что невозможно при цельной конструкции резца, а также рассмотреть работу режущих кромок, лежащих в разных плоскостях, со смещением и поворотом относительно нейтральной линии. Это позволит расширить возможности управления качественными и силовыми показателями формирования элементов щепы.



Рисунок 1 – Двухлезвийный резец фрезерно-брусующего станка:

1 – длинная режущая кромка, формирующая щепу по толщине; 2 – короткая режущая кромка, формирующая щепу по длине

Кроме этого, каждый резец ножевой спирали проходит определенный путь резания, отличный от остальных. Разработана и обоснована программа расчета пути резания каждого резца до предельного его затупления. Это позволяет значительно сократить время на смену режущих элементов фрезы не всем комплектом, а только работающих в идентичных условиях на левой и правой фрезях; снизить простой рабочего времени машины за счет осуществления замены резцов в регламентированные перерывы; снизить расход абразивных кругов на подготовку инструмента; увеличить общую продолжительность работы комплекта сменных режущих элементов; экономить энергетические и материальные ресурсы.

Анализ условий работы резцов и процесса стружкообразования показывает, что в силу различного воздействия резцов на волокна древесины получаются и различные результаты этого воздействия как по силовым, так и по размерно-качественным показателям.

Различные условия резания режущих кромок цельного двухлезвийного резца предопределили их разделение путем перехода к использованию составных двухлезвийных резцов. Работа короткой режущей кромки двухлезвийного резца требует дополнительных теоретических и экспериментальных исследований. На качество получаемой технологической щепы наибольшее влияние оказывает короткая режущая кромка. Она является главной по отношению к длинной режущей кромке, так как формирует торцовый срез щепы, требования к которому представлены в ГОСТ 15815-83 «Щепа технологическая». Стандарт определяет требования к щепе, предназначенной для целлюлозно-бумажного, гидролизного производства, для изготовления древесностружечных и древесноволокнистых плит.

Условия формообразования технологической щепы и требования к качеству поверхности весьма различны.

Рассмотрим процесс резания древесины длинной режущей кромкой, работающей в условиях поперечного резания.

Необходимо рассмотреть два основных условия: формирование боковых поверхностей щепы всеми резцами и формирование поверхности пласти бруса. Требования к качеству боковых поверхностей щепы не регламентируются стандартом, и поэтому не нужно предпринимать никаких дополнительных действий по улучшению качественных показателей последних при условиях их формообразования.

Вопросами поперечного резания занимались различные ученые, среди которых наиболее значимый вклад внесли И.А. Тиме, А.Л. Бершадский, Н.А. Кряжев., С.А. Воскресенский, Е.Г. Ивановский, М.А. Дешевой и др.

При резании древесины поперек волокон направление резания перпендикулярно направлению волокон, а сама поверхность обработки совпадает с плоскостью волокон. Энергетические и силовые характеристики этого вида резания зависят от различных факторов: геометрических и угловых параметров режущего инструмента, режимов резания и т.д.

На рис. 2, а, б представлены схемы стружкообразования по экспериментам проф. И.А. Тиме.

С увеличением угла резания и толщины стружки вследствие слабой связи поперек волокон образуется стружка скалывания в виде отдельных элементов (рис. 2, б).

При поперечном резании возможно образование стружки отрыва (рис. 2, г) в виде не связанных между собой элементов. Для этого вида стружкообразования характерны вырывы ниже плоскости резания – следствие того, что стенки клеток волокон древесины имеют значительную прочность и при нажиме на них лезвия клетки не перерезаются, а происходит вырыв нижележащих более слабых элементов. Это, в свою очередь, и является качественным показателем формируемой поверхности пласти бруса.

Рентгено снимки при $\delta = 45-90^\circ$ показывают, что слоистость древесины, толщина стружки e , угол резания δ существенно влияют на характер деформаций волокон древесины и их величину. Это отражается на стружкообразовании, влияет на силу и работу, затрачиваемую на процесс резания.

Шероховатость поверхности незначительная при образовании сливной ленточной стружки и возрастает при ленточной стружке с трещинами. На обработанной по-

верхности образуются вырывы при стружке скалывания, которые еще более ухудшают качество обработанной поверхности пласти бруса при образовании стружки отрыва [1].

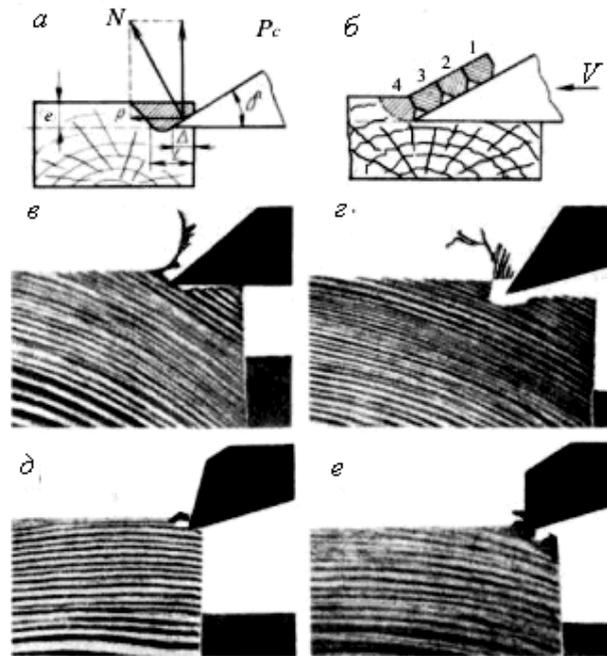
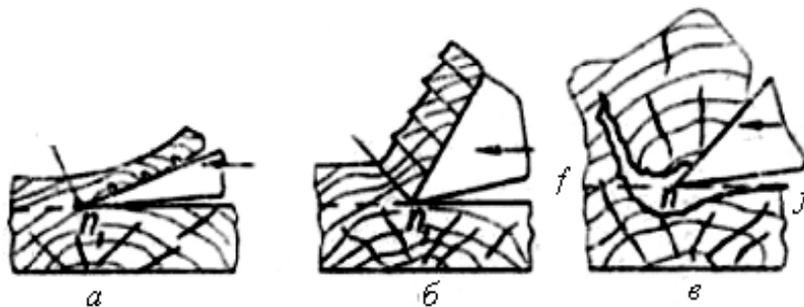


Рисунок 2 – Схемы резания поперек волокон:

а, б, – стружкообразование по И. А. Тиме; рентгено снимки: в – при $\delta = 45^\circ$; г – при $\delta = 60^\circ$; д – при $\delta = 75^\circ$; е – при $\delta = 90^\circ$

Профессор С.А. Воскресенский, разрабатывая теорию элементарного резания древесины поперек волокон, отмечал, что шероховатость поверхности при резании древесины поперек волокон зависит от многих факторов и в конечном итоге определяется характером стружкообразования. При этом он различал три вида стружек: сливную стружку сдвига, стружку скалывания и стружку отрыва (рис. 3) [2].



а – сливная стружка сдвига; б – стружка скалывания; в – стружка отрыва

Рисунок 3 – Типы стружек при резании поперек волокон

Образование каждой из перечисленных стружек обусловлено соотношением величин предельных и возникающих напряжений при различных деформациях в зоне резания [3].

Профессор И.А. Тиме предполагал, что резец весьма (абсолютно) острый, поэтому действие его на древесину сводится к действию только передней грани; силы трения при скольжении древесины по передней грани малы, поэтому ими можно пре-

небрежь, сводя теорию к расчету стружки на прочность при действии на нее силы, нормальной к грани переднего резца. При этом не учитывались процессы, протекающие под поверхностью резания. В то же время установленные проф. И. А. Тиме закономерности до сих пор не потеряли своего значения.

Профессор М. А. Дешевой в своей теории учел действие на древесину передней и задней граней резца и режущей его кромки и определил для разных условий сопротивление древесины резанию. Профессор М. А. Дешевой, как и проф. И. А. Тиме, рассчитывал стружку на прочность, используя методы сопротивления материалов.

Профессором С. А. Воскресенским учтена волокнистая структура древесины. Он использовал теорию балок на упругих основаниях и методы реологии (реология – наука о деформациях и текучести вещества).

Модель двойной балки на упругом основании использовал при разработке теории резания М. А. Маккензи. Он и ученый Н. Франц классифицировали стружку по геометрической форме, связывая ее с напряженным состоянием древесины при резании [4].

Резание древесины двухлезвийными резцами несколько отличается от резания однолезвийными и осуществляется следующим образом. Режущие кромки одновременно внедряются в древесину. Короткая кромка, расположенная под углом к плоскости вращения фрезы и соответственно к волокнам древесины, производит подрезание волокон, а длинная кромка, расположенная в плоскости вращения фрезы, параллельно волокнам, отделяет уже подрезанную часть от массива бревна. Стружка срезается в виде ленточки и сходит по передней грани длинной кромки. Разделение стружки на элементы щепы происходит за счет нарушения связей между волокнами. Двухлезвийные резцы формируют длину и толщину щепы, а также угол торцового среза. Ширина щепы является величиной произвольной. Поверхность бруса формируется длинной режущей кромкой резца, выходящего на базовый торец фрезы.

Формирование элементов щепы при поперечном резании древесины сопровождается меньшими напряжениями деформации, особенно деформации вдоль волокон. Практически исключается смятие торцов элементов щепы.

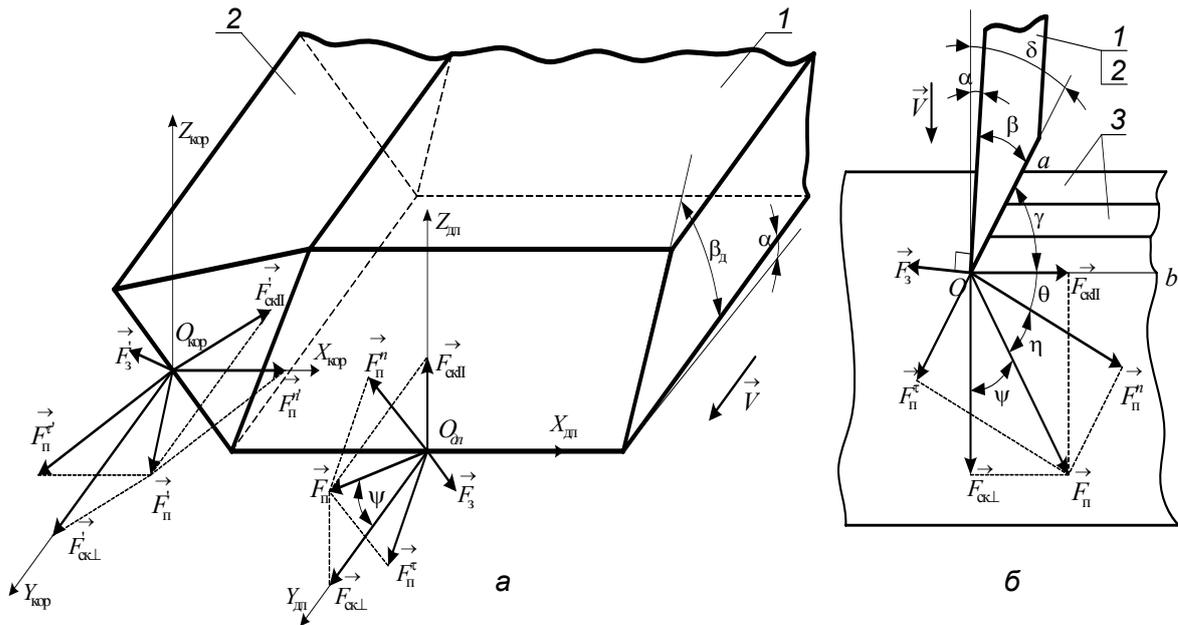
Рассмотрим силовое взаимодействие составного двухлезвийного резца с древесиной при формировании элементов технологической щепы (рис. 4, а, б).

В процессе внедрения резца в древесину происходит постепенный рост напряжений.

Напряженное состояние срезаемого резцом слоя древесины характеризуется напряжениями в зоне контакта передней грани резца с древесиной, а также касательными и нормальными напряжениями в плоскости O_b , параллельной волокнам (рис.4).

Напряжения, возникающие в плоскости, совпадающей с линией O_b , следует рассматривать в связи с тем, что предел прочности древесины при внедрении резца будет достигнут именно в этой плоскости, так как связь между волокнами древесины перпендикулярно этой плоскости наиболее слабая. В зоне контакта древесины с передней гранью резца на участке O_a напряженное состояние характеризуется средними напряжениями смятия.

По мере внедрения резцов в древесину какое-либо из напряжений достигает своего предела, в результате чего происходит разрушение древесины в сечении, где этот предел наступил.



а – схема распределения сил резания на резцах; б – схема распределения сил резания на каждом из резцов, повернутых в плане; 1 – подчищающий длинный резец; 2 – подрезающий короткий резец; 3 – элементы технологической щепы; V – вектор скорости резания

Рисунок 4 – Схема распределения сил резания на составном двухлезвийном резце при формировании технологической щепы

В данном случае наиболее опасным сечением является плоскость, параллельная волокнам древесины. В результате разрушения древесины в этой плоскости происходит отделение элемента щепы. Таким образом, результатом взаимодействия режущего резца с древесиной является образование элементов щепы.

При внедрении резца в древесину вновь образуемая поверхность ее скалывания испытывает давление со стороны задней грани ножа, а подрезанная часть стружки – со стороны передней. Сила F_3 , перпендикулярная к направлению резца, не участвует в формировании элементов щепы, а только создает силы трения задней грани ножа о древесину. Суммарную силу F_n взаимодействия передней грани ножа с древесиной можно представить в виде двух составляющих F_n^n нормальной и F_n^t – касательной к передней грани резца. Кроме того, можно разложить силу F_n еще на две составляющие, одна из которых F_{ckl} действует в тангентальном направлении волокон древесины, а вторая $F_{ckl\perp}$ перпендикулярна к ним (в радиальном направлении).

По мере внедрения ножа в древесину сила F_n возрастает до определенного значения, при котором ее составляющая F_{ckl} действует в тангентальном направлении волокон древесины, достигает предела сопротивления древесины скалыванию и вызывает скалывание (расщепление) ленточки технологической щепы на элементы по плоскости Ob . Таким образом, формируются элементы технологической щепы. Характер распределения сил по короткому подрезающему резцу аналогичен описанному выше.

Проведенные расчеты силовых показателей процесса резания двухлезвийными резцами при использовании имеющихся в литературных источниках теоретических за-

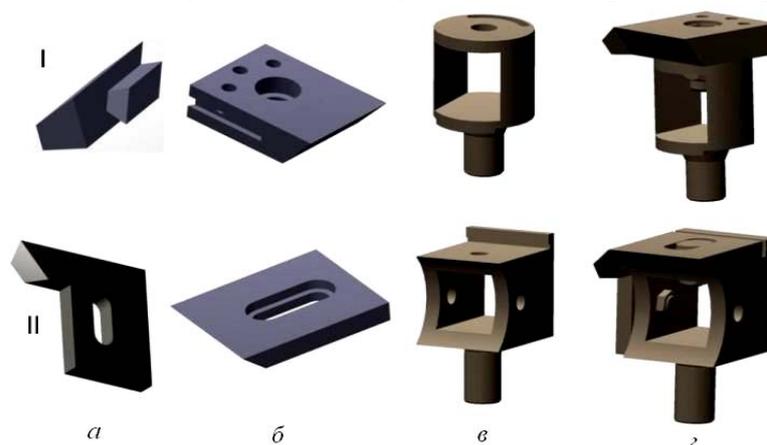
висимостей, разработанные различными авторами, показали следующий разброс значений силы резания (таблица 1).

Разброс результатов весьма значителен, поэтому можно сделать основной вывод о необходимости проведения экспериментальных работ по выявлению аналитических зависимостей силовых показателей резания толстых стружек на фрезерно-брусующих станках с составными двухлезвийными резцами.

Таблица 1 – Расчетные значения силы резания

Автор	Расчетная величина	Численное значение	Размерность
П.С. Афанасьев	$K_{\#-1}$	19,1	$H / \text{мм}^2$
	$K_{\#}$	7,02	$H / \text{мм}^2$
	$F_{\#-1}$	635	H
	$F_{\#}$	880	H
	F	1515	H
А.Л. Бершадский	$K_{\#-1}$	7,3	$H / \text{мм}^2$
	$K_{\#}$	3,3	$H / \text{мм}^2$
	$F_{\#-1}$	240,4	H
	$F_{\#}$	410,4	H
	F	650,8	H
Ф.И. Коперин	F	644,5	H
Н.М. Вальщиков	F	572	H
ЛЛТУ	F	500	H

Нами проведены конструкторские разработки резцедержателей составных двухлезвийных резцов нескольких вариантов. Конструкции их изображены на рис. 5.



а – подрезающий короткий резец; б – подчищающий длинный резец; в – резцедержатель; г – составной двухлезвийный резец в сборе

Рисунок 5 – Новые конструкции двухлезвийных резцов

На рис. 5, а представлено 2 варианта конструкции короткого подрезающего резца. В первом случае резец прикрепляется непосредственно к длинному подчищающему резцу (рис. 5, б) посредством клинового соединения «ласточкин хвост». Далее собран-

ные резцы прикрепляются на резцедержатель (рис. 5, в) или колонку при помощи потайного винта. Это необходимо для того, чтобы задняя грань длинного резца оставалась ровной, т. к. она непосредственно обращена к формируемой пластине бруса и не должна являться причиной появления дополнительных кинематических неровностей (рисок), ухудшающих в целом качество поверхности пластины бруса.

Первый вариант конструкции двухлезвийного резца (рис. 5, г) обладает широкими возможностями бесступенчатого регулирования угла поворота резца на колонке. В результате поворота двухлезвийного резца относительно резцедержателя вокруг оси центрального винта происходит трансформация угла заточки длинной режущей кромки, изменяется и передний угол при сохранении необходимого заднего угла. Но при этом изменяются и углы резания при короткой режущей кромке, что является недостатком данной конструкции.

Конструкция составного двухлезвийного резца, представленная во втором варианте, лишена указанного недостатка. Короткий подрезающий и длинный подчищающий резцы независимо крепятся на резцедержателе посредством винтов. Это дает возможность фиксировать задний угол и угол заточки при длинной и короткой режущих кромках, а также изменять эти параметры независимо друг от друга.

Для изменения угловых параметров процесса резания такими резцами заменяется лишь тот резец на другой с измененными угловыми параметрами, условия резания которым мы хотим изменить. Таким образом, происходит независимое изменение условий резания коротким и длинным резцами.

Выводы:

- агрегатные методы переработки бревен являются перспективными и требуют совершенствования в плане разработки рациональных режимов, конструкции режущих инструментов, повышения качества получаемой продукции с возможностью его управления;
- проведенные теоретические исследования позволяют обосновать методику и направление проведения экспериментальных работ;
- новые конструкции двухлезвийных резцов дают возможность независимо изменять условия резания коротким и длинным резцами;
- угол поворота резца на колонке влияет на усилие подачи, касательную силу резания и качество среза торца щепы. С увеличением появляются сколы щепы с образованием вырывов на пластине бруса. Качество среза торца щепы резко ухудшается.

Библиографический список

1. Бершадский, А. Л. Резание древесины: учеб. пособие / А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова. – Минск: Вышэйшая школа, 1975. – 304 с.
2. Воскресенский, С. А. Резание древесины / С. А. Воскресенский. – М.–Л., 1955. – 199 с.
3. Кряжев, Н. А. Фрезерование древесины / Н. А. Кряжев. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 200 с.
4. Ивановский, Е. Г. Резание древесины / Е. Г. Ивановский. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 200 с.

Раповец В. В., Бурносов Н.В. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

КРИТЕРИИ ВРЕМЕННОЙ СТОЙКОСТИ ДВУХЛЕЗВИЙНЫХ РЕЗЦОВ ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

THE TIMING PERSISTENCE CRITERIA OF DOUBLE-BLADE CUTTERS OF CHIPPER-CANTERS DEPENDING ON REQUIRED QUALITY OF PRODUCTION

Совершенствование фрезерно-брусующих станков (ФБС) требует проведения специальных исследовательских, конструкторско-расчетных и экспериментальных работ, направленных на улучшение процесса переработки тонкомерных бревен с заданной производительностью и получением качественной продукции: брус и технологическая щепка. При этом необходимо учитывать различные факторы, влияющие на процесс резания [1].

Среди этих факторов можно выделить производительность, размерно-качественные характеристики щепки и поверхности пласти бруса в зависимости от режимов резания, угловых и линейных параметров режущего инструмента. Это все взаимосвязанные факторы. Они определяют во многом технико-экономическую эффективность процесса переработки тонкомерных бревен.

Для получения качественной технологической щепки необходим один режим, а для формирования поверхности пласти бруса – другой.

Двухлезвийные резцы фрезерно-брусующих станков со спиральным расположением на фрезах для обеспечения размерно-качественных характеристик щепки имеют длинную и короткую режущие кромки. Эти режущие кромки работают в различных условиях резания. Длинная режущая кромка – в условиях поперечного резания и износ ее меньше в отличие от короткой режущей кромки, участвующей в поперечно-торцовом виде резания [2].

Обратимся к теоретическим предпосылкам различных ученых, исследовавших стойкость режущего инструмента при обработке древесины и древесных материалов.

При резании древесины в результате сложных физико-химических явлений (механическое истирание, окислительный процесс, электрохимическая коррозия, электрическая эрозия, абразивный износ и др.) происходит износ режущей кромки инструмента. Износ сопровождается изменением геометрии и микрогеометрии элементов рабочей зоны инструмента. Следствием износа является затупление инструмента, т. е. потеря им остроты и режущих свойств из-за увеличения радиуса окружности переходной поверхности.

По мере износа инструмента радиус округления ρ увеличивается и наступает момент, когда дальнейшая эксплуатация инструмента делается неэффективной. С этого момента инструмент подлежит заточке для восстановления требуемой микрогеометрии. Предельная стадия износа режущих кромок определяется критериями требуемого качества продукции. В производственных условиях критерием временной стойкости режу-

щего инструмента обычно считают наступление ухудшения качества поверхности пла- сти бруса и требуемых параметров технологической щепы [3].

Известны и предложены различные параметры для определения степени и ха- рактера затупления резцов (рис.1) [4]. Кривая симметричной формы наиболее харак- терна для начальной стадии работы фрезерного инструмента после заточки (рис.1, а). Кривая износа с образованием фаски износа по задней поверхности (рис.1, б) характе- рна для инструмента, обрабатывающего искусственные древесные материалы (ДСтП, ДВП, ОСП, МДФ). В большинстве случаев кривая затупления представляет собой ко- роткофокусную параболу (рис.1, г). Однако в ряде случаев наблюдается характерный износ передней грани в виде лунки (рис.1, д), что способствует уменьшению угла реза- ния и приводит к самозатачиваемости режущего инструмента при резании. Эта кривая встречается в деревообработке крайне редко и только на лезвиях из доэвтектоидных углеродистых и малолегированных инструментальных сталей.

Многообразие кривых затупления в зависимости от различных факторов и раз- личное влияние характера затупления на условия резания вызывают необходимость оп- ределять затупление при помощи параметров $x_1, y_1, \rho_1, \gamma_1, \alpha_1$. Кривая затупления харак- теризуется: по передней грани – параметром x_1 и изменением угла наклона $\pm \gamma_1'$; по зад- ней грани – параметром y_1 и изменением заднего угла α_1' ; в зоне лезвия – радиусом кривизны ρ_1 . Трансформация затупления в процессе резания характеризуется измене- нием отношения x к y и значения ρ [5].

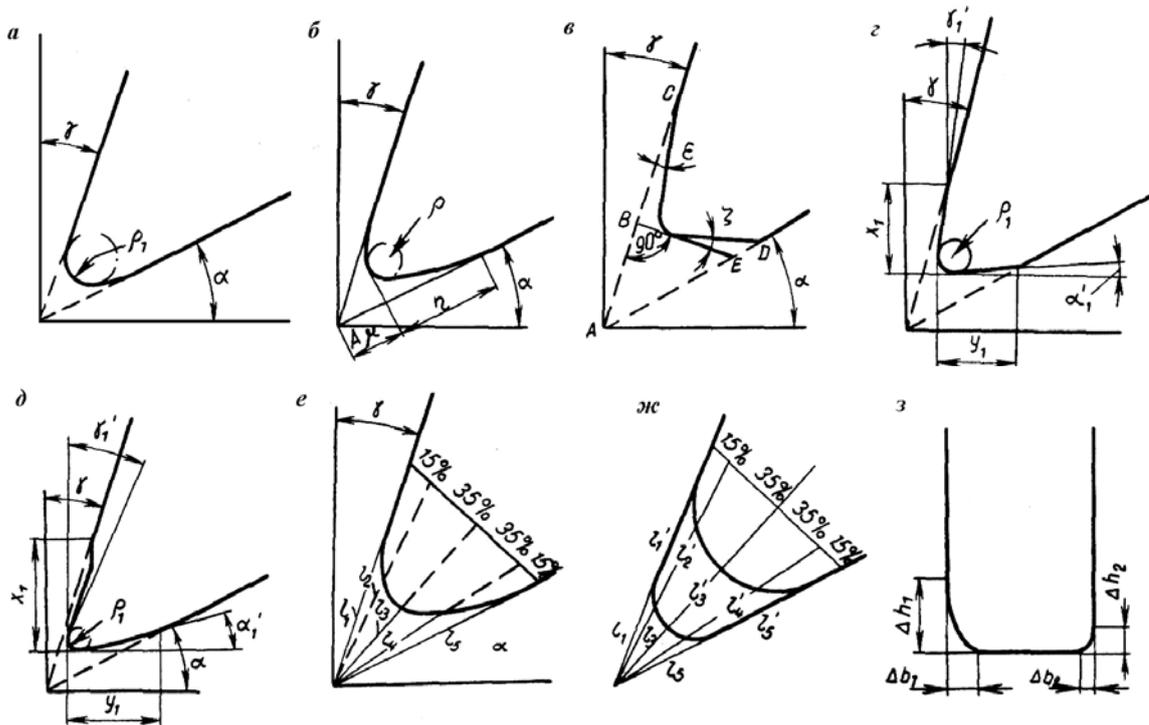


Рисунок 1 – Виды кривых затупления и параметры затупления:

На рис. 1 обозначено: а – симметричная, радиус закругления ρ_1 ; б – с фаской износа по задней поверхности, параметры по ЦНИИМОД: A_μ, η, ρ ; в – с фасками по передней и задней поверхностям, параметры по П. Харрису: ϵ, ξ, ζ ; д – с фасками по пе-

редней и задней поверхностям, параметры по А.Э. Грубе: $x_1, y_1, \gamma'_1, \alpha'_1, \rho_1$; ∂ – с лункой по передней и фаской по задней поверхностям; e – параметры по Котосовец: $l_1, l_2 \dots l_n$; $жс$ – параметры бокового износа в плане: $l'_1, l'_2, l'_3 \dots l'_n$; $з$ – параметры бокового износа в сечении: $\Delta h_1, \Delta h_2, \Delta b_1, \Delta b_2$.

В связи с различными условия резания износ длинной и короткой режущих кромок также различен. Качество поверхности бруса определяет состояние длинной режущей кромки резца и режимы ее работы. Короткая режущая кромка, работая в условиях поперечно-торцового резания, определяет качество торцового среза технологической щепы. Поэтому можно предложить следующие критерии по необходимости замены резцов:

- при необходимости выработки качественной технологической щепы, например для целлюлозно-бумажных производств, превалирующим фактором является состояние короткой режущей кромки;
- при выработке технологической щепы пониженного качества, например топливной, определяющим критерием будет состояние длинной режущей кромки, формирующей поверхность пласти бруса;
- при пониженных требованиях к качеству технологической щепы и поверхности пласти бруса определяющим фактором являются энергетические затраты.

В производственных условиях возможны сочетания установленных критериев временной стойкости двухлезвийных резцов.

Поясим схемой, представленной на рис. 2.

На рис.2, а представлена общая схема резания в ФБС. По схеме резания, представленной на рис.2, б, работают фрезерно-брусующие станки фирм Sodderhamns, EWD, A.Costa Rigbi и др.

Практическими наблюдениями за работой станков подобного типа выявлено, что конструкция резцов, работающих по схеме (рис.2, в) обеспечивает работу длинной режущей кромки в условиях самозатачивания.

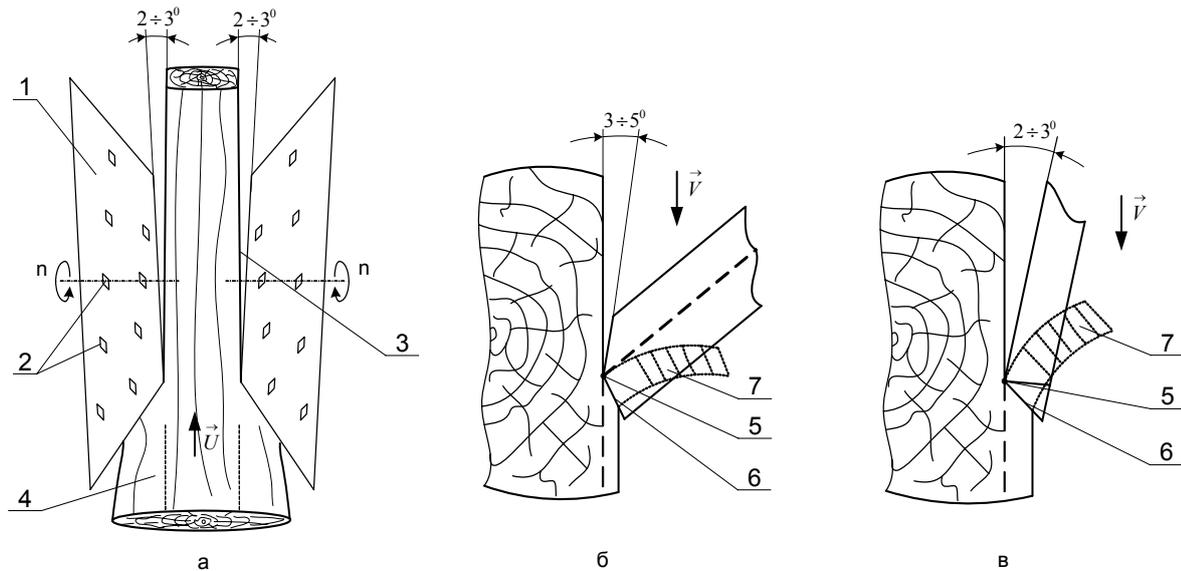


Рисунок 2 – Схема резания на фрезерно-брусующих станках двухлезвийными резцами: 1 – спиральная фреза, 2 – двухлезвийные резцы, 3 – пласть бруса, 4 – обрабатываемая древесина, 5 – длинная режущая кромка, 6 – короткая режущая кромка, 7 – элемент технологической щепы

Износ по задней грани длинной режущей кромки 5 с появлением фаски незначительно повышает силовые и энергетические затраты на резание и практически не снижает качество поверхности пласти бруса 3 и технологической щепы 7.

Кроме этого, такое конструктивное исполнение резца позволяет оснастить его дополнительными симметрично расположенными режущими кромками, позволяющими после одной переточки использовать 4-х кратную перестановку резца.

На основе анализа условий формирования технологической щепы и поверхности бруса при агрегатной переработке бревен на фрезерно-брусующих станках с фрезой со спиральным расположением резцов нами предложено использовать составной резец с разделением функций формирования длины и толщины щепы. Появляется возможность в зависимости от критерия качества технологической щепы или пилопродукции управлять этим процессом. Это позволяет изменять угловые параметры процесса резания короткой и длинной режущими кромками двухлезвийных резцов независимо друг от друга, применять различные упрочняющие технологии на основе выбранного критерия стойкости каждой режущей кромки в отдельности.

На кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов БГТУ на экспериментальной установке по исследованию процессов резания УИР-1 ранее были проведены специальные эксперименты, целью которых являлось уточнение временной стойкости резца), формирующего пласт бруса в условиях поперечного резания. Нами данная установка модернизирована, оснащена современной контрольно-измерительной тензометрической системой ф. Sony, позволяющей производить регистрацию силовых и энергетических параметров процесса резания в реальном масштабе времени, моделируя условия работы двухлезвийных резцов. Критерием предела работоспособности определялась видимая потеря качества поверхности пласти бруса (ворсинки, мшистость, вырывы). Производились замеры радиуса скругления режущей кромки методом слепков с последующим контролем на металлографическом микроскопе. Осуществлялся замер времени процесса, который длился 30 часов. При этом установлено, что величина радиуса скругления составила величину порядка 90-92 мкм. По известной зависимости были проведены перерасчет величины приращенния затупления резца на пути резания 1 м. Это позволило разработать программу для фрезерно-брусующих станков, оснащенных измерительной техникой с ЧПУ, производить превентивную замену резцов в зависимости от требуемого критерия качества продукции.

Библиографический список

1. Механическая технология древесины / Под ред. Н.А. Батина. – Мн.: Вышэйшая школа, 1979. – Вып. 9. – 164 с.
2. Раповец В. В., Бурносков Н.В. Возможности управления качественными и силовыми показателями процесса формирования технологической щепы двухлезвийными резцами на фрезерно-брусующих станках. Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2007.
3. Рушнов Н.П., Лицман Э.П., Пряхин Е.А. Рубительные машины. – М.: Лесная промышленность, 1985. – 205 с.
4. Зотов Г.А., Памфилов Е.А. Повышение стойкости дереворежущего инструмента. – М.: Экология, 1991. – 304 с.
5. Грубе А.Э. Дереворежущий инструмент: Учеб. для студентов вузов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 344 с.

Гаранин В. Н. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УГЛОВ РЕЗАНИЯ И ЗАОСТРЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

THE DEFINITION OF OPTIMAL CUTTING AND SHARPENED ANGLES FOR TIMBER PROCESSING

Весь фрезерный инструмент, который поступает на рынок Республики Беларусь для обработки древесины, имеет углы заострения от $\beta=30^{\circ}$ и выше. Этот параметр угла установлен фирмами-изготовителями на основании их многолетних опытов работы [1]. В данной работе найдём аналитические доказательства применяемых углов заострения.

Проанализируем влияние угла β на касательную силу резания для трех пород древесины (сосна, береза, дуб) с помощью теории А. Л. Бершадского [2]. Угловые характеристики процесса открытого фрезерования учитываются в теории при определении сил, действующих на резец. В зависимость для определения средней условной силы резания по передней поверхности резца входит угол резания δ , т. е.

$$P_{\Pi} = e \cdot k \cdot b, \text{ Н} \quad (1)$$

где $k = A(\psi) \cdot \delta + B(\psi) \cdot \nu - V(\psi)$ - фиктивное условное давление по передней грани резца, Н/мм²;

$A(\psi)$, $B(\psi)$ и $V(\psi)$ - коэффициенты, зависящие от угла перерезания волокон и обрабатываемой породы.

Как видим, угол резания влияет на составляющую силы резания P_{Π} - действующей по передней грани резца, которая с увеличением δ возрастает, поскольку k пропорционально влияет на касательную силу резания [2].

С увеличением угла резания δ мощность и сила резания возрастают, поэтому выбирается всегда оптимальный наименьший угол резания. Применение меньших углов резания ограничивается углом заострения резца. Однако, минимально возможный угол заострения β ограничен физико-механическими свойствами резца, который в зависимости от условий резания и материала резца на практике принимают в пределах $\beta=15 - 70^{\circ}$.

Для определения средней касательной силы резания, действующей на резец при его взаимодействии с материалом, воспользуемся зависимостью:

$$F_z = F_{\Pi} + F_3 = (a_p \cdot p \cdot b + e \cdot k \cdot b). \quad (2)$$

Для этого в зависимостях (1) и (2) необходимо рассмотреть коэффициенты A , B , V и p .

Из опытных данных А. Л. Бершадского:

Для сосны

$$A_c = 0,2 + 0,004 \cdot \psi$$

$$B_C = 0,07 + 0,0015 \cdot \psi$$

$$V_C = 5,5 + 0,17 \cdot \psi$$

$$r_C = 1,6 + 0,036 \cdot \psi$$

Для березы

$$A_B = 0,25 + 0,005 \cdot \psi$$

$$B_B = 0,08 + 0,0018 \cdot \psi$$

$$V_B = 7,0 + 0,18 \cdot \psi$$

$$r_B = 1,9 + 0,04 \cdot \psi$$

Для дуба

$$A_D = 0,28 + 0,006 \cdot \psi$$

$$B_D = 0,09 + 0,002 \cdot \psi$$

$$V_D = 7,6 + 0,2 \cdot \psi$$

$$r_D = 1,6 + 0,036 \cdot \psi$$

где ψ - угол перерезания волокон

Примем условия:

Резец острый, т.е. $\alpha_\rho = 1,0$, ширина фрезерования $b = 20$ мм, скорость фрезерования $v = 35$ м/с, подача на резец $U_z = 1$ мм, высота припуска $h = 2$ мм, диаметр фрезерования $D = 145$ мм.

Изобразим схему процесса фрезерования (рис. 1).

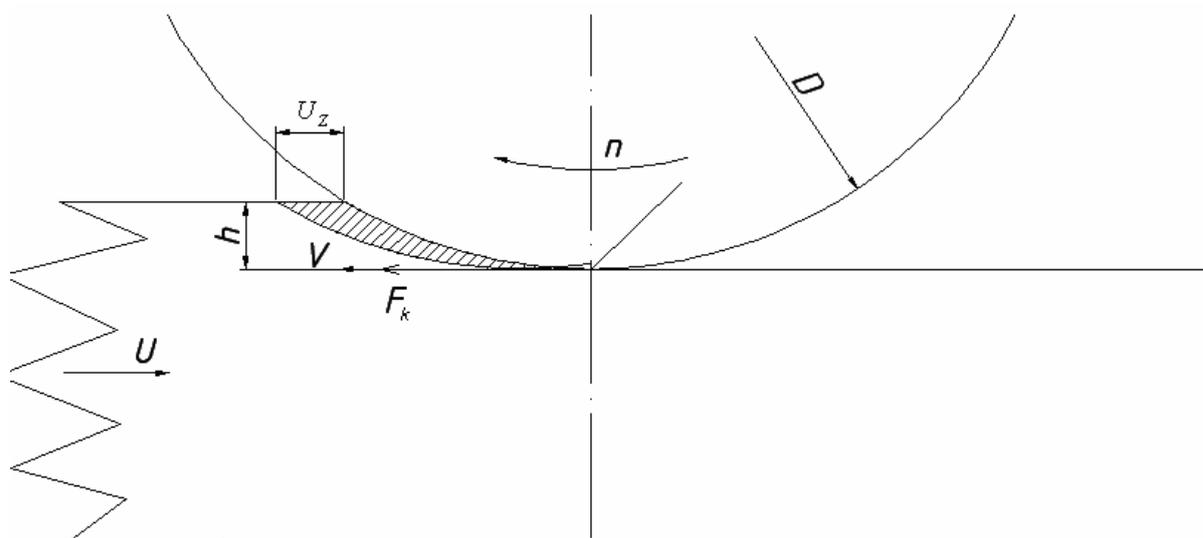


Рисунок 1 – Схема процесса фрезерования

Силы, действующие на резец в радиальном и тангенциальном направлениях согласно [2] можно изобразить следующими кривыми (рис. 2).

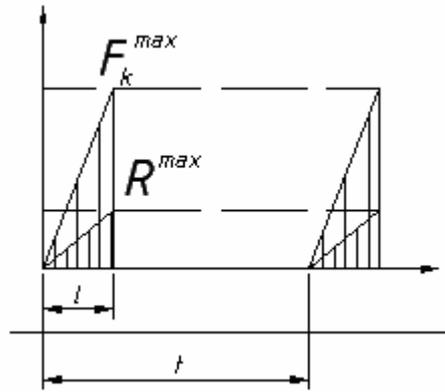


Рисунок 2 – Радиальная и тангенциальная силы

Находим максимальную касательную и нормальную силы резания для трех пород древесины по [2].

$$\text{Кинематический угол встречи } \theta = \arcsin \sqrt{\frac{h}{D}} = \arcsin \sqrt{\frac{2}{145}} = 6,74 \text{ град}$$

$$\text{Толщина стружки: } e = U_z \cdot \sin \theta = 1 \cdot \sin 6,74 = 0,117 \text{ мм}$$

Удельная фиктивная сила резания по задней поверхности резца

Для сосны:

$$p = 1,6 + 0,036 \cdot \psi, \text{ Н/мм}^2$$

Для березы:

$$p = 1,9 + 0,04 \cdot \psi, \text{ Н/мм}^2$$

Для дуба:

$$p = 2,1 + 0,046 \cdot \psi, \text{ Н/мм}^2$$

Фиктивное среднее давление по передней поверхности резца

Для сосны:

$$k = (0,2 + 0,004 \cdot \psi) \delta + (0,07 + 0,0015 \cdot \psi) \cdot V - (5,5 + 0,17 \cdot \psi), \text{ Н/мм}^2$$

Для березы:

$$k = (0,25 + 0,005 \cdot \psi) \delta + (0,08 + 0,0018 \cdot \psi) \cdot V - (7,0 + 0,18 \cdot \psi), \text{ Н/мм}^2$$

Для дуба:

$$k = (0,28 + 0,006 \cdot \psi) \delta + (0,09 + 0,002 \cdot \psi) \cdot V - (7,6 + 0,2 \cdot \psi), \text{ Н/мм}^2$$

Максимальную касательную силу резания, действующую на резец, находим по зависимости (2) с учетом того, что максимальная сила в 2 раза больше средней за время взаимодействия резца с обрабатываемым материалом:

$$F_Z^{max} = F_Z \cdot 2 = 2 \cdot (a_p \cdot p \cdot b + e \cdot k \cdot b), \text{ Н} \quad (3)$$

Максимальная сила резания по задней поверхности резца:

$$F_3^{max} = (a_p - 0,8) \cdot p \cdot b \cdot 2 \text{ Н}$$

Максимальная сила резания по передней поверхности резца:

$$F_{II}^{max} = F_Z^{max} - F_3^{max} \text{ Н}$$

Максимальная радиальная сила:

$$R^{max} = 0,5 \cdot a_p^2 \cdot F_3^{max} - F_{II}^{max} \cdot \text{tg}(90 - \delta - \varphi_{mp}), \text{ Н} \quad (4)$$

где φ_{mp} - угол трения между обрабатываемым материалом и резцом, град. (находиться в пределах 15 градусов)

Строим графики сил (рис. 3).

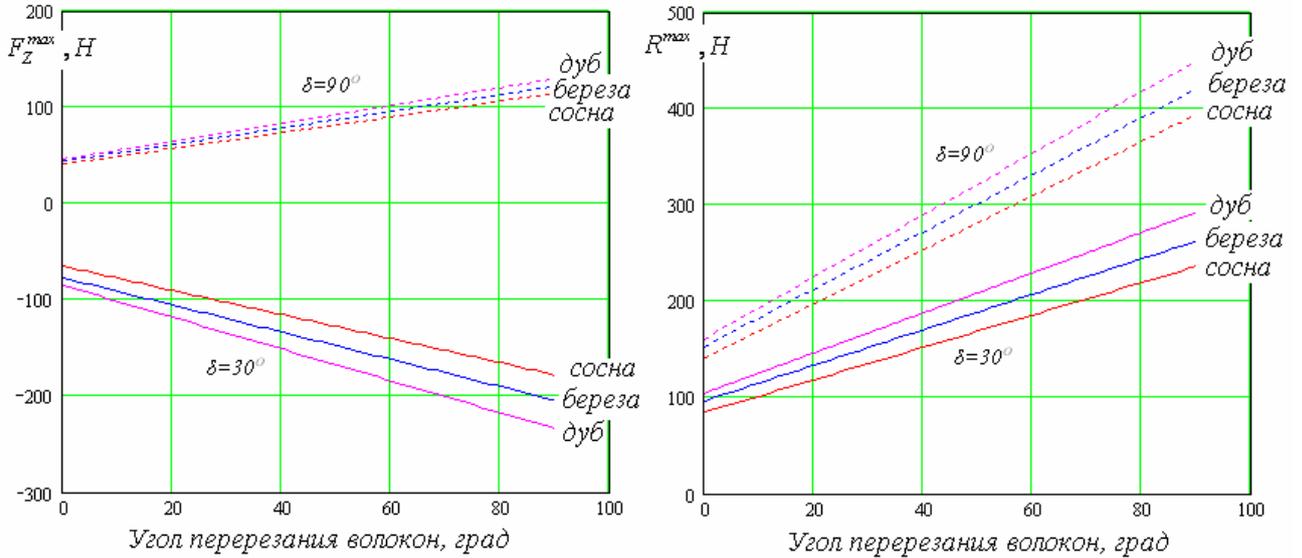


Рисунок 3 – Зависимости максимальных сил резания от параметров обработки

Изобразим схему представленных на графике сил (рис. 4).

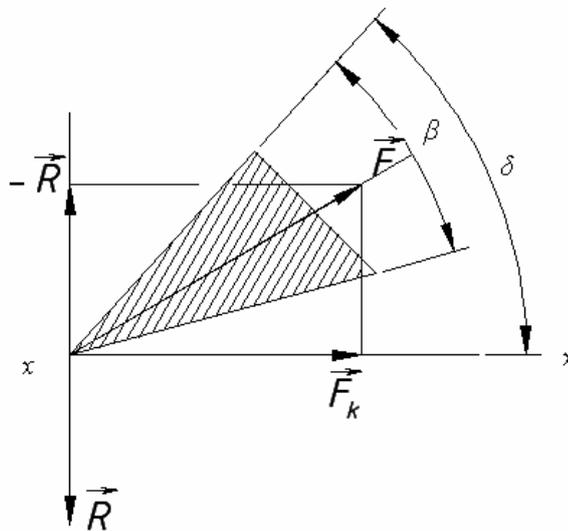


Рисунок 4 – Схема действующих на резец сосредоточенных сил

Наилучшие условия работы резца – когда результирующая сила резания направлена под углом $\delta - \frac{\beta}{2}$ к оси $x - x$. Этому условию удовлетворяет соотношение:

$$\text{arctg} \frac{-R^{max}}{F_z^{max}} = \frac{\pi}{180} \left(\delta - \frac{\beta}{2} \right) \quad (5)$$

Выразим из этого выражения угол заострения резца:

$$\beta = 2 \cdot \left(\delta - \frac{180}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{-R^{\max}}{F_Z^{\max}} \right)$$

При фрезеровании необходимо обеспечить задний угол 10-50 градусов. Приняв $\gamma = 15^\circ$, перепишем (5):

$$\beta = 30 - \frac{360}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{-R^{\max}}{F_Z^{\max}}$$

Построим график зависимости угла заострения от угла резания, породы и угла перерезания волокон при $\gamma = 15^\circ$, $a_p = 1,0$, $b = 20$ мм, $v = 35$ м/с, $U_Z = 1$ мм, $h = 2$ мм, $D = 145$ мм (рис. 5).

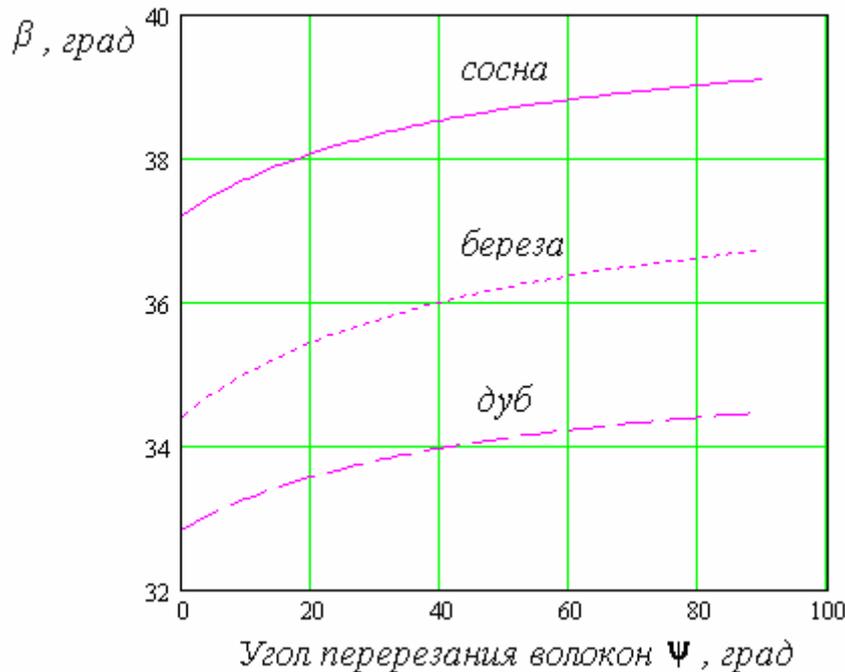


Рисунок 5 – Зависимости угла заострения от угла резания, породы и угла перерезания волокон

Следует отметить следующие полученные данные:

1. Для обеспечения наиболее благоприятных условий для резца при обработке различных пород древесины для выбранного режима ($h = 2$ мм и $U_Z = 1$ мм) следует придерживаться угла заострения $\beta \approx 33 \div 39^\circ$.

2. Направление волокон практически не влияет на выбор оптимального для резца угла (отличие составляет 6%);

3. На основании анализа зависимости (5) установлено, что с увеличением подачи на резец и высоты снимаемого слоя ($h > 2$ мм и $U_Z > 1$ мм), угол заострения и угол атаки следует увеличить.

4. Увеличение затупления резца отрицательно сказывается на распределении сил резания. Выше $\rho = 15$ мкм резец не из-за увеличения сил трения по задней грани будет испытывать большие изгибающие нагрузки, что приведёт к потере его режу-

щей способности. Этот вывод говорит в пользу того, что необходимо использовать износостойкие материалы в качестве резцов и своевременно производить заточку инструмента.

Представленный вывод подтверждает использование углов заострения для обработки древесины $\beta=30^{\circ}$. Условия работы с указанными углами «вынуждают» работать резец на сжатие, что благоприятно сказывается на применении материалов в качестве резцов, способных воспринимать большие сжимающие нагрузки при слабой устойчивости к изгибающим нагрузкам. К таким материалам следует отнести композиционные материалы (ВК, ТК, ТТК и др), применение которых для фрезерования древесины весьма перспективное направление, поскольку их стойкость к износу на порядок выше лучших стальных сплавов, используемых в деревообработке для изготовления ножей и пластин к фрезерному, строгальному и фуговальному инструменту.

Библиографический список

1. Дереворежущий инструмент отечественного и импортного производства. Выпуск №7. Камі Станкоогрегат.
2. А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова «Резание древесины», 1976 г.

Гришкевич А.А., Клубков А.П. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫМИ ПЛАСТИНАМИ

WOOD MILLING AND WOOD MATERIALS BY DISPOSABLE HARD ALLOY PLATES

Фрезерование – один из распространенных и производительных процессов механической обработки древесины и древесных материалов.

Всякий режущий инструмент, а фрезерный не исключение, имеет форму клина, который под воздействием внешнего усилия внедряется в обрабатываемый материал и удаляет слой материала в виде стружки.

Высокопроизводительная и качественная механическая обработка древесины и древесных материалов во многом зависит от рациональной эксплуатации инструмента. Под рациональной эксплуатацией инструмента понимается создание таких условий его использования, которые обеспечивают производительную и качественную обработку заготовок при достаточно высокой стойкости инструмента. К этим условиям относятся: правильный выбор инструментального материала, конструкции угловых параметров, оптимальных режимов резания и выполнение мероприятий по подготовке инструмента к работе.

Для получения качественной поверхности при фрезеровании натуральной древесины применяют ножи плоские с прямолинейным режущим лезвием из легированных сталей 8Х6НФТ, Х6ВФ и 9Х5ВФ. В Германии для обработки натуральной древе-

сины применяют сталь HSS (что соответствует нашей P8), а также ножи, оснащенные стеллитом. Для обработки экзотических пород и твердой древесины применяют твердый сплав [1, 2, 3].

При обработке древесностружечных, древесноволокнистых плит и плит средней плотности MDF и высокой плотности HDF применяют ножи, армированные твердым сплавом.

Для изготовления твердосплавных ножей на деревообрабатывающих и мебельных предприятиях Республики Беларусь применяют в основном ножи с пластинами твердого сплава группы ВК.

Материал корпусов ножей (подложки) – легированная конструкционная сталь марки 40X ГОСТ 4543-71 или сталь марки 35ХГСА ГОСТ 4543-71, а также углеродистая сталь марки 45 ГОСТ 1050-88. Технология изготовления – пайка.

В условиях непрерывного увеличения потребности в качественном и износостойком дереворежущем инструменте экономия вольфрам содержащего твердого сплава является стратегически важной задачей.

Паяные твердосплавные ножи для фрезерования натуральной древесины, а также ДСтП, ДВП, MDF, HDF и пластифицированной древесины имеют высокую стоимость, пониженную стойкость. Для создания монолитного инструмента необходима дополнительная технологическая операция – пайка, которая имеет ряд негативных последствий.

Принципиальной особенностью напайки пластин твердого сплава на стальные подложки является то, что соединяются два совершенно различных (как по химическому составу, так и по физико-механическим свойствам) материала. Все это накладывает определенные условия на работоспособность, надежность, стойкость и долговечность твердосплавного фрезерного инструмента.

Так, низкая теплоемкость твердых сплавов (примерно в 2,5–3 раза) в сочетании с высоким электрическим сопротивлением обуславливает более быстрый нагрев твердого сплава, чем стальной подложки.

Коэффициент теплопроводности сплавов ВК незначительно выше чем сталей марок 40X, но значительно ниже сплавов титанокобальтовой группы марок Т15К6, Т15К10 и др. Эти отличительные свойства сплавов и подложек создают при нагреве и охлаждении резкие перепады температур (высокие температурные градиенты, которые вследствие пониженных прочностных свойств твердого сплава при растяжении могут нарушить целостность твердого сплава, следствием чего является образование в твердом сплаве микро- и макротрещин).

Значительная разница в коэффициентах линейного расширения (сталь 40X имеет $\alpha = 13,4 \cdot 10^{-6}$ 1/град, а твердый сплав $6,25 \cdot 10^{-6}$ 1/град) приводит при охлаждении ножа после пайки к деформациям твердого сплава и стальной подложки, вызывая в них появление значительных остаточных напряжений, которые способствуют образованию трещин в твердом сплаве [4].

Высокий модуль упругости твердого сплава ($E \approx 5,4 \cdot 10^5$ Н/мм) и низкий модуль упругости стальной подложки ($E = [(1,8-2,2) \cdot 10^5]$ Н/мм² свидетельствует о повышенной хрупкости твердого сплава, что неблагоприятно сказывается на его изготовлении и работоспособности.

Твердые сплавы при нагреве на воздухе окисляются особенно интенсивно при $t = 950\text{--}1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом в виде пленки окислы представляют собой пористое и хрупкое образование с низкими механическими характеристиками. Полное удаление этих окислов из зоны пайки является обязательным условием получения качественной пайки.

Суть альтернативы состоит в замене паяных конструкций твердосплавных плоских ножей неперетачиваемыми твердосплавными пластинками.

В настоящее время все страны Европы, Японии, Америки, Скандинавии переходят на работу, где это возможно, с неперетачиваемыми твердосплавными пластинками.

Основная тенденция всех стран, которые имеют деревообрабатывающую промышленность, – совершенствование конструкций фрезерного инструмента (корпусов фрез) с целью использования в них неперетачиваемых твердосплавных пластинок.

Наиболее эффективно применение фрезерного инструмента с механическим креплением многогранными неперетачиваемыми твердосплавными пластинками (МНТСП) в условиях массового и крупносерийного производства как на автоматических линиях, обрабатывающих центрах, автоматах и полуавтоматах, станках с ЧПУ, так и на станках универсальной группы.

По сравнению с паяным инструментом МНТСП имеют следующие преимущества: 1) повышение стойкости в 1,3–1,4 раза по сравнению с лучшими образцами паяного инструмента; 2) повышение производительности обработки на 10–15%; 3) сокращение стоимости периода стойкости; 4) возможность массового производства и применения пластин со стабильными режущими свойствами; 5) отсутствие остаточных напряжений и деформаций в твердом сплаве и подложке, вызванные пайкой и заточкой; 6) взаимозаменяемость пластин; 7) простота крепления пластин и смены их после затупления; 8) упрощение инструментальных служб предприятия; 9) сокращение расхода легированных конструкционных сталей на изготовление подложек; 10) высвобождение инструментальных цехов.

Для сравнения эффективности паяного ножа и твердосплавной неперетачиваемой пластинки приведем стоимость двух одинаковых по размеру ножей:

нож паяный твердосплавной длиной $B = 60\text{ мм}$, $H = 30\text{ мм}$, $S = 3\text{ мм}$ стоит примерно 23,0 EUR, а неперетачиваемая твердосплавная пластинка с двумя режущими лезвиями $B = 60\text{ мм}$, $H = 12\text{ мм}$, $S = 3\text{ мм}$ стоит 6,2 EUR.

Таким образом, переход инструментальных служб республики Беларусь на применение неперетачиваемых твердосплавных пластин – актуальная проблема.

Следует также отметить, что отходы, которые получают после износа пластинок, можно использовать для армирования ими сверл, концевых фрез и других инструментов с малыми размерами резцов.

Библиографический список

1. THE LEITZ LEXICON. Leitz GmbH & Co. KG, Oberkochen, 2001.
2. Каталог инструмента для обработки древесины и пластмасс фирмы «LEUCO». – Вилли – Ледерманн – Штрассе 1, 72160 Хорб на Некаре, 2003.
3. GUHDO. Prazisions-Werkzeuge fuz Holz, Kunststoffe, NE-Metalle, Polukristalline Diamant-Werkzeuge, Hartmetalle-Papierschnidmesser / GUHDO-Werk, Herbert Dorken GmbH + Co KG.-Bundesrepublik Deutschland, 1994. – 271 s.

4. Клубков А.А. Повышение износостойкости и прочности твердосплавного режущего инструмента для обработки древесных материалов фрезерованием: Дис. канд. техн. наук: 05.21.65. – Мн., 1997. – 165 с.

5. FABIA S.A. Narzedzia do obrobki drewna. PL-09 130, Baboszewo, 1994. – 198 s.

Лукаш В.Т., Кравченко С. А. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

THE TELEMETERING DEVICE FOR RESEARCH OF WOOD MATERIALS SAWING

Изучение режимов резания при пилении древесных плитных материалов представляет теоретический и практический интерес. Получение данных о силовых и качественных характеристиках процесса необходимо для расчета рациональных режимов резания, проектирования станков и режущего инструмента.

Существующие методы определения усилий, воздействующих на дереворежущий инструмент при обработке древесины и древесных материалов, к сожалению, не дают возможности их регистрации с достаточной достоверностью, что не позволяет правильно выбрать параметры инструмента и режимы его эксплуатации, а также определить необходимые прогнозные показатели его работы (надежность, долговечность, и др.), имеющие большое значение при организации технологического процесса.

С целью повышения точности исследования сил резания, возникающих при обработке древесины и древесных материалов, кафедра деревообрабатывающих станков и инструментов Белорусского государственного технологического университета предлагает использовать измерительное телеметрическое устройство (рис. 1).

Устройство монтируется на экспериментальной установке, созданной на базе вертикального фрезерного станка с нижним расположением шпинделя. Предназначено для измерения сил резания путем усиления, преобразования и бесконтактной передачи на измерительный прибор сигналов тензорезисторов, расположенных на силоизмерительной оправке, оборудованной режущим инструментом [1].

С помощью устройства могут быть выполнены измерения крутящего и изгибающего моментов, по которым можно рассчитать модуль силы резания и ее направление.

Устройство состоит из следующих основных частей: устройство силоизмерительное; блок измерительный; кабель питающий; кабель сигнальный; оправка силоизмерительная.

Принцип работы каждого измерительного канала силоизмерительного устройства основан на предварительном усилении и преобразовании разбалансированного сигнала тензомоста в цифровую форму с использованием последовательной кодировки Манче-

стер II и передачи полученного сигнала посредством трансформаторной связи на приемник. Сигналы разных каналов передаются последовательно.

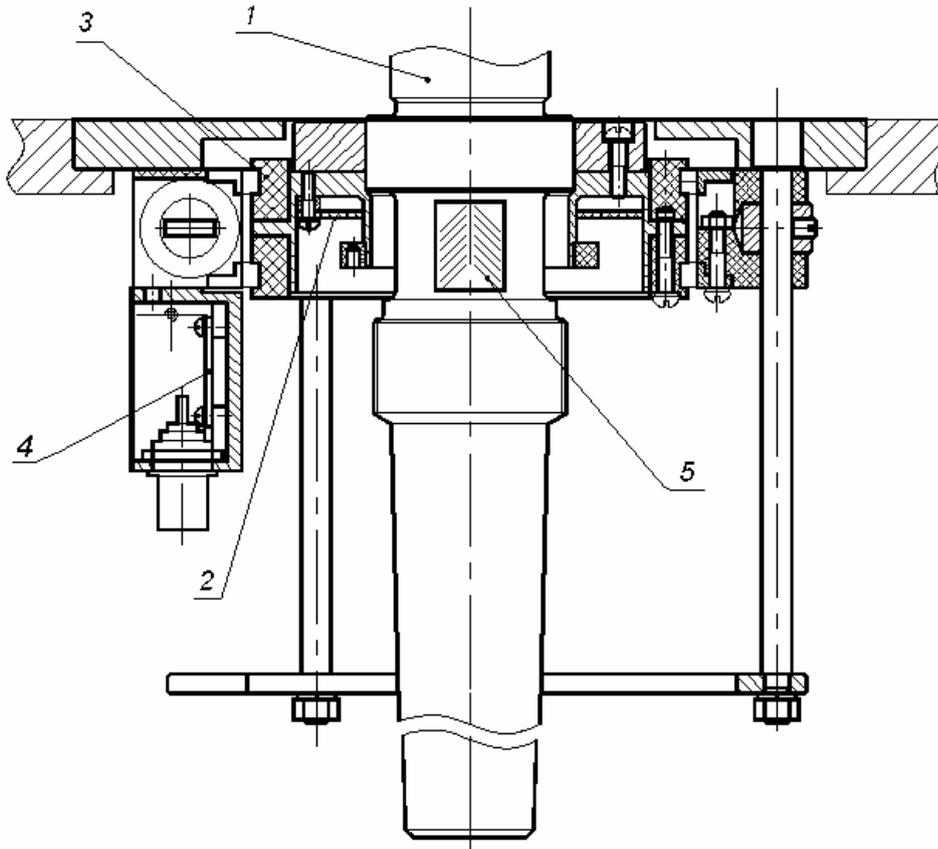


Рисунок 1 – Устройство силоизмерительное телеметрическое:
 1 – оправка силоизмерительная; 2 – передатчик; 3 – трансформатор;
 4 – приемник; 5 – тензорезистор

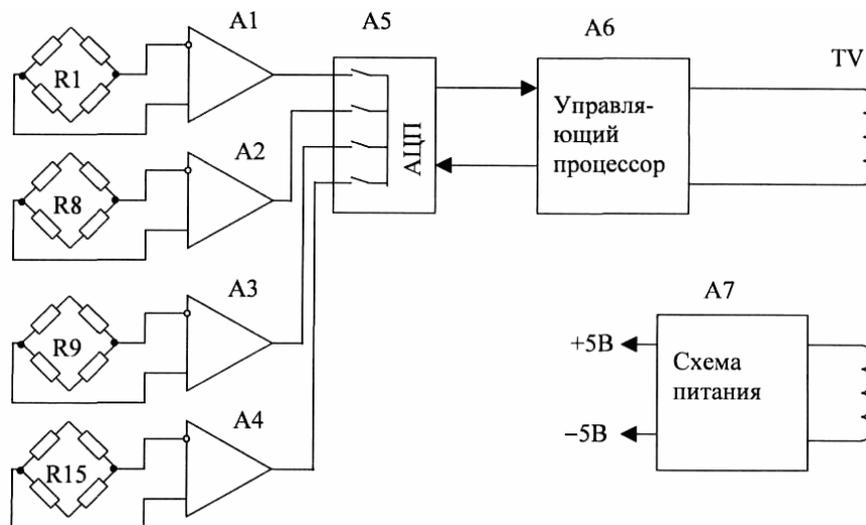


Рисунок 2 – Функциональная электрическая схема передатчика

С приемника сигнал по экранированному кабелю поступает на декодер, где осуществляется обратное преобразование кода Манчестер II в параллельную байтовую форму.

Питание тензомостов и схемы передатчика осуществляется через тот же трансформатор, через который передается и сигнал.

Конструктивно передатчик имеет цилиндрическую форму. На образующей цилиндра намотаны питающие и сигнальные катушки. В торце передатчика расположен разъем для подключения тензомостов. Функциональная электрическая схема передатчика показана на рис. 2.

Приемник предназначен для приема и усиления сигналов передатчика, а также для обеспечения передатчика и измерительных тензомостов электропитанием.

При проведении замеров приемник необходимо располагать так, чтобы его одновитковые катушки-кольца располагались точно над катушками передатчика.

Блок измерительный выполнен в виде настольного прибора и состоит из следующих основных частей: вторичного источника питания; декодера; ВЧ генератора; модуля индикации. Вторичный источник питания вырабатывает необходимые напряжения постоянного тока, используемые для питания приемника и остальных частей самого блока.

Декодер преобразует последовательный код Манчестер II в параллельную байтовую форму, затем с помощью цифро-аналогового преобразователя преобразует полученную информацию в аналоговую форму и распределяет ее по каналам. Выходной сигнал каждого из каналов фильтруется фильтром НЧ II порядка с частотой среза 1000 Гц. Выходной сигнал каждого канала изменяется в диапазоне ± 5 В при подаче на вход соответствующего канала номинального входного сигнала, равного ± 1 мВ/В.

Модуль индикации позволяет просматривать выходной сигнал выбранного канала. Индикатор имеет два диапазона индикации -1000 мкВ/В и 100 мкВ/В. Диапазон индикации выбирается тумблером расположенным на передней панели измерительного блока.

Методика определения сил резания основывается на принципе измерения сопротивления металлов и полупроводников под действием деформаций, вызванных этими силами [2].

Величина измеренной относительной деформации может быть оценена по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{\beta_{mi}}{S_T}, \quad (1)$$

где ε_i – относительная деформация, Еод; β_{mi} – показания цифрового индикатора, мкВ/В; S_T – коэффициент тензочувствительности тензорезисторов (равен 2,08).

Величина крутящего момента может быть оценена следующим образом:

$$M_{кр} = \gamma \cdot G \cdot W_{кр} = 2\varepsilon_{кр} \cdot G \cdot W_{кр} = 2\varepsilon_{кр} \cdot G \cdot (0,208 \cdot b^3), \quad (2)$$

где $\varepsilon_{кр}$ – относительная деформация датчика крутящего момента; G – модуль сдвига стали ($80\,000$ Н/мм); $W_{кр}$ – крутящий момент сопротивления сечения, мм^3 ; b – размер стороны квадрата силоизмерительной оправки в месте расположения тензорезисторов (25 мм).

Величина изгибающего момента определяется по формуле:

$$M_{изг} = \varepsilon_{изг} \cdot E \cdot W = \varepsilon_{изг} \cdot E \cdot b^3 / 6, \quad (3)$$

где $\varepsilon_{изг}$ – относительная деформация датчика изгибающего момента; E – модуль упругости стали ($220\,000$ Н/мм²); W – момент сопротивления сечения, мм^3 .

Осевая сила определяется по формуле:

$$P_o = (1 + \mu) \cdot \epsilon_{oc} \cdot E \cdot S / 2 = 0,65 \cdot \epsilon_{oc} \cdot E \cdot b^2, \quad (4)$$

где μ – коэффициент Пуассона (приблизительно равен 0,3 для стали); ϵ_{oc} – относительная деформация датчика осевого усилия; S – площадь сечения оправки в зоне расположения тензорезисторов, мм².

На рис. 3 схематично показаны усилия, действующие на инструмент в процессе резания.

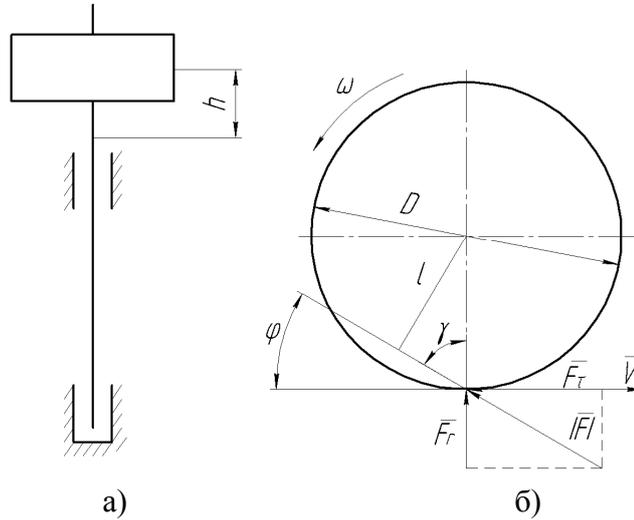


Рисунок 3 – Схема определения направления главного вектора силы $|F|$

Выражения для определения крутящего и изгибающего моментов, действующих на инструмент от равнодействующей сил резания, имеют следующий вид:

$$M_{кр} = |F| \cdot l, \quad M_{изг} = |F| \cdot h, \quad (5)$$

$$|F| = \sqrt{F_r^2 + F_t^2}, \quad (6)$$

где h – расстояние от точки приложения силы $|F|$ до тензодатчика; l – расстояние от центра инструмента до линии действия главного вектора силы $|F|$.

Зная расстояние h и величину изгибающего момента $M_{изг}$, которая определяется по формуле (2), легко найти равнодействующую сил резания:

$$|F| = \frac{M_{изг}}{h} = \frac{\epsilon_{изг} \cdot E \cdot b^3}{6h}. \quad (7)$$

Подставив в формулу (5) для определения $M_{кр}$ выражение (7), выразим расстояние от центра инструмента до линии действия главного вектора сил $|F|$. После преобразований получим:

$$l = \frac{M_{кр}}{|F|} = \frac{2\epsilon_{кр} \cdot G \cdot (0,208 \cdot b^3) \cdot 6h}{\epsilon_{изг} \cdot E \cdot b^3}. \quad (8)$$

Угол между направлением действия главного вектора сил резания и касательной к окружности резания (угол φ), проведенной в точке приложения силы (рис. 3, б), определяется следующим образом:

$$\varphi = \arccos \frac{l}{D/2}. \quad (9)$$

Касательная и радиальная силы резания определяются следующим образом:

$$F_{\tau} = |F| \cos \varphi; \quad F_r = |F| \sin \varphi; \quad (10)$$

Особенность предложенного устройства:

– получение более точных значений измеряемых величин по сравнению с показаниями других средств измерения;

– полученные данные позволяют выбрать наиболее оптимальные параметры и конструкции инструмента для обработки древесины либо древесных материалов.

Это, в свою очередь, позволит добиться более высокого качества обработки одновременно с повышением производительности и снижением энергозатрат процесса.

Библиографический список

1. Руководство по эксплуатации устройства ТТ4010 для регистрации сил резания на фрезерном станке с нижним расположением шпинделя.

2. Тензометрия в машиностроении: Справочное пособие / Под ред. Р. А. Макарова. М.: Машиностроение, 1975. – 288 с.

Рудак П.В., Гриневич С.А. (БГТУ, г. Минск, РБ) rudn@tut.by

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ КОНЦЕВОГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА НА КОЭФФИЦИЕНТ ЗАПАСА ПО КРИТЕРИЮ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ

A CUTTING EDGE CONDITION INFLUENCE OF THE ROUTING MILLING TOOL ON FACTOR OF FATIGUE DURABILITY

На деревообрабатывающих предприятиях для криволинейного раскроя плитных материалов, обработки кромок, выборки пазов применяют концевой фрезерный инструмент.

Несмотря на постоянное совершенствование конструкций, концевые фрезы не всегда обладают желаемо длительным сроком эксплуатации, о чем свидетельствует производственный опыт.

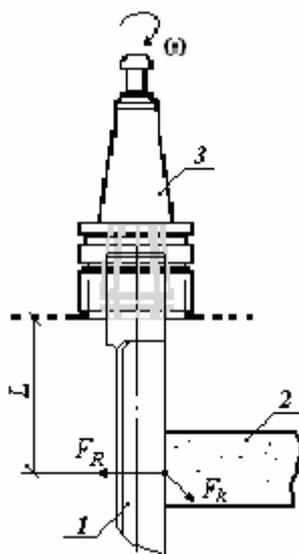
Основной причиной аварийного выхода из строя концевых фрез являются необоснованно подобранные режимы их эксплуатации при отсутствии четких рекомендаций от производителя. Назначаемые в условиях производства параметры обработки, которые должны удовлетворять требованиям высокой производительности, стойкости резцов и необходимого качества продукции не всегда гарантируют долговечность самого корпуса инструмента.

Наиболее часто происходит усталостное разрушение тела сборной концевой фрезы (рис. 1).



Рисунок 1 – Усталостное разрушение тела концевой фрезы

Это объясняется тем, что в процессе работы концевой фрезерный инструмент испытывает многократное нагружение. Цикл нагружения является пульсирующим, т.е. нагрузка периодически изменяется от нуля до максимума. При этом инструмент испытывает сложное напряженное состояние, которое характеризуется совместным действием изгиба и кручения. Наибольшее значение нагрузки будет в месте крепления хвостовика фрезы, но разрушение происходит в наиболее ослабленном сечении инструмента (рис. 2).



1 – режущий элемент концевой фрезы; 2 – обрабатываемый материал; 3 – патрон

Рисунок 2 – Схема обработки концевой фрезой

Изгибающие моменты от касательной и радиальной составляющих силы резания определяются, как:

$$M_k = F_k \cdot L, \quad M_R = F_R \cdot L, \quad (1)$$

где F_k – величина касательной составляющей силы резания, Н; F_R – величина радиальной составляющей силы резания, Н; L – расстояние от равнодействующей сил резания до плоскости опасного сечения, мм.

Величина радиальной составляющей силы резания может быть определена по формуле [1]:

$$F_R = m \cdot F_k, \quad (2)$$

где m – переходной множитель, значение которого зависит от величины средней толщины стружки, степени остроты инструмента и угла резания [1].

Крутящий момент определяется по формуле:

$$T = F_k \cdot R, \quad (3)$$

где R – радиус резания, мм.

Запишем напряжения от изгиба и кручения в опасном сечении.

Значения напряжений изгиба:

$$\sigma_x = \frac{M_k \cdot y_{ц}}{I_x}, \quad \sigma_y = \frac{M_R \cdot x_{ц}}{I_y}, \quad (4)$$

где $x_{ц}$, $y_{ц}$ – расстояние от точки зарождения трещины до центра тяжести опасного сечения, мм; I_x , I_y – моменты инерции опасного сечения, мм⁴.

Амплитудные значения напряжений соответственно изгиба и кручения при пульсирующем цикле:

$$\sigma_a = \sigma_{cp} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}, \quad \tau_a = \tau_{cp} = \frac{T}{2 \cdot W_p}, \quad (5)$$

где W_p – полярный момент сопротивления, мм³.

Для определения коэффициента запаса n по критерию усталостной прочности при двухосном напряженном состоянии воспользуемся формулой Гафа-Полларда [2]

$$\frac{1}{n^2} = \frac{1}{n_\sigma^2} + \frac{1}{n_\tau^2}, \quad (6)$$

где n – запас усталостной прочности; n_σ – запас усталостной прочности при чистом изгибе; n_τ – запас усталостной прочности при чистом кручении.

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon \cdot \beta} \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_{cp}}, \quad n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau}{\varepsilon \cdot \beta} \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_{cp}}, \quad (7)$$

где σ_{-1} , τ_{-1} – предел выносливости соответственно при изгибе и кручении для симметричного цикла; k_σ , k_τ – эффективный коэффициент концентрации напряжений соответственно при изгибе и кручении; ε – масштабный фактор; β – коэффициент влияния состояния поверхности; ψ_σ , ψ_τ – коэффициент чувствительности материала к асимметрии цикла соответственно для изгиба и кручения.

Формула (6) с учетом формул (5), (7) может быть записана в виде:

$$n = \frac{\sigma_{-1} \cdot \tau_{-1}}{\sqrt{k_{\sigma d}^2 \cdot \sigma_a^2 \cdot \tau_{-1}^2 + k_{\tau d}^2 \cdot \tau_a^2 \cdot \sigma_{-1}^2}}, \quad (8)$$

$$\text{где } k_{\sigma_d} = \frac{k_{\sigma}}{\varepsilon\beta} + \psi_{\sigma}, \quad k_{\tau_d} = \frac{k_{\tau}}{\varepsilon\beta} + \psi_{\tau}. \quad (9)$$

Обработку кромок и криволинейный раскрой плитных материалов часто осуществляют сборным концевым фрезерным инструментом, который оснащают твердосплавными режущими элементами. В теле инструмента для крепления резцов выбирают пазы, которые являются концентраторами напряжений и ослабляют сечение.

В процессе работы происходит затупление режущего инструмента, что приводит к росту сил резания и действующих напряжений.

Так, на рис.3 показана сборная концевая фреза одной из распространенных конструкций. Анализ разрушившихся образцов показывает, что усталостная трещина зарождается в точке В.

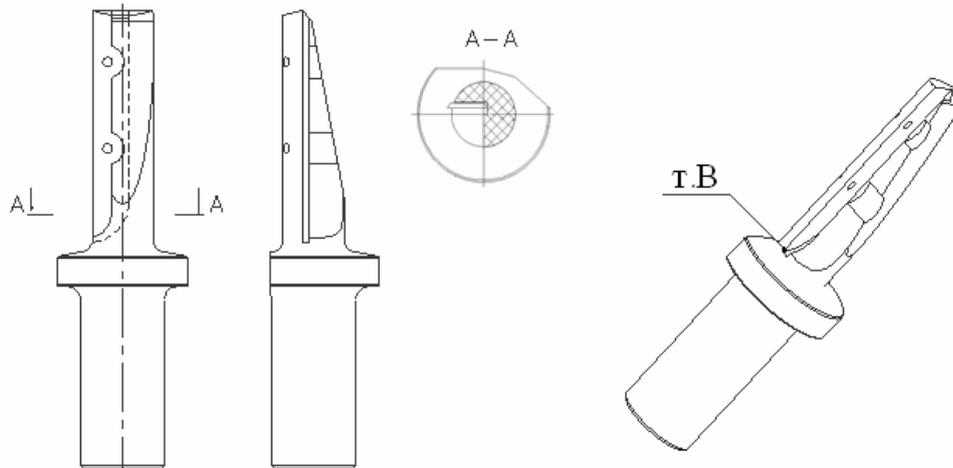


Рисунок 3 – Сборная концевая фреза

По уравнению (8) выполнен расчет коэффициента запаса для опасного сечения, ослабленного пазом (рис. 3) при следующих условиях: материал корпуса фрезы – сталь 40Х ($\sigma_{-1}=400$ МПа; $\tau_{-1}=240$ МПа; $\psi_{\sigma}=0,1$; $\psi_{\tau}=0,05$); $L=40$ мм; $R=10$ мм; $\varepsilon=0,7$; $\beta=0,9$; $k_{\sigma}=1,5$, $k_{\tau}=1,1$; $x_{ц}=2,4$ мм, $y_{ц}=1,4$ мм, $I_x=5770,5$ мм⁴, $I_y=4041,5$ мм⁴, $W_p=829,5$ мм³. При этом в расчете принят режим эксплуатации концевой фрезы, которая реально применяется на предприятии ЗАО «Пинскдрев» для криволинейного раскроа одновременно трех плит ДСтП: частота вращения 12000 мин⁻¹, скорость подачи 4 м/мин.

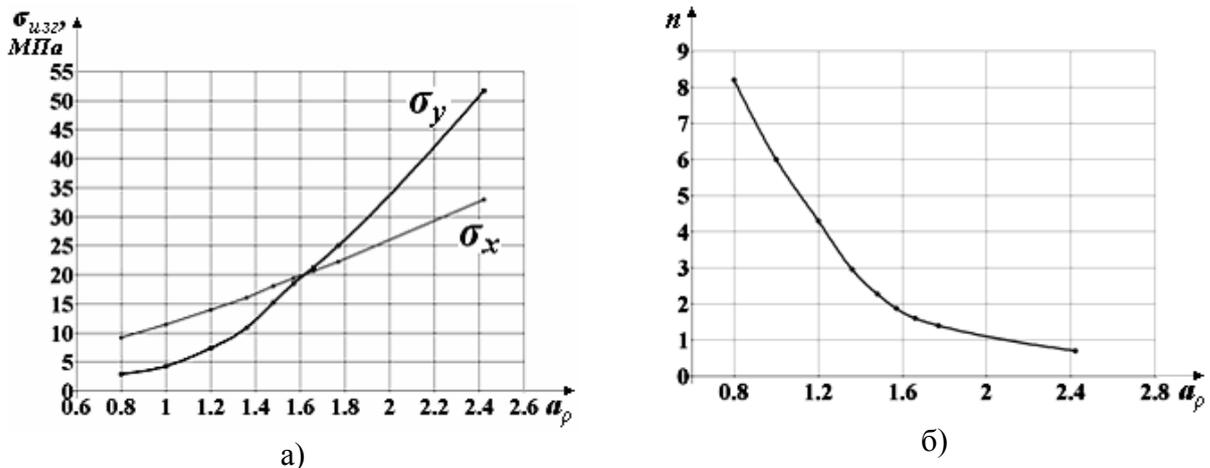


Рисунок 4 – Графики зависимостей напряжений изгиба (а) и коэффициента запаса (б) от коэффициента затупления реза

Результаты расчета показывают, что по мере затупления инструмента напряжения изгиба от радиальной силы начинают значительно превышать значения напряжений изгиба от касательной силы (рис. 4, а.), а рассчитанный для опасного сечения коэффициент запаса по критерию усталостной прочности при этом значительно падает (рис. 4, б.).

Таким образом, обязательным условием высокой долговечности концевой фрезерного инструмента, помимо назначения рациональных режимов обработки, является своевременная переточка и замена режущих элементов, благодаря чему ограничивается рост радиальной составляющей силы резания по мере эксплуатации инструмента и предотвращается усталостное разрушение корпуса концевой фрезы.

Библиографический список

1. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов: Учебное пособие для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 1986.– 296 с.
2. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов.– Киев: Навук. думка, 1988.- 736 с.

Вершина А.К., Бурносов Н.В. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

УПРОЧНЕНИЕ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ЛЕЗВИЙНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

HARDENING MILLING BLADES TOOLS WITH USE OF HIGH-ENERGY PLASMA TECHNOLOGIES

Эффективное использование основных производственных фондов в лесном комплексе определяется внедрением современных видов оборудования и совершенствованием серийно выпускаемого. При этом особые требования предъявляются к дереворезающему инструменту в связи с интенсификацией режимов обработки, в частности режимов пиления круглыми пилами, сверления, фрезерования, а также точности обработки из-за изменения системы допусков и посадок.

Применение традиционных известных методов повышения режущих свойств деревообрабатывающего инструмента путем его сложного легирования в настоящее время ограничено из-за дефицита ряда химических элементов. Кроме того, в ряде случаев этот путь не дает требуемых результатов. Поэтому в последнее время в мировой практике все большее применение находят методы повышения работоспособности инструмента путем нанесения соответствующих функциональных покрытий. Эти методы обладают высокой производительностью, универсальностью, экономичностью. Появляется возможность управления условиями формирования и свойствами покрытий, а также свойствами композиции покрытие – инструментальный материал.

Кристаллохимические, физико-механические и теплофизические свойства покрытий на поверхностях режущего инструмента могут сильно отличаться от соответствующих показателей инструментального материала [1]. Поэтому покрытие способно заметно улучшить свойства инструментального материала с точки зрения повышения его сопротивляемости микро- и макроразрушению. Применение покрытий для деревообрабатывающего инструмента может способствовать уменьшению контактных нагрузок, снижению мощности тепловых источников и благоприятному перераспределению тепловых потоков, тем самым уменьшая термохимическую напряженность режущей части инструмента.

Особый интерес в этом направлении представляет создание на поверхностях тонкопленочных износостойких композиций с градиентным распределением свойств, являющееся новым этапом в совершенствовании структуры инструментального материала [3]. Причем наиболее эффективными методами формирования модифицированных слоев с высокой износостойкостью являются вакуумно-плазменные методы, обладающие по сравнению с методами химико-термической и лазерной обработки, ионной имплантации и химического осаждения рядом преимуществ. Среди последних следует выделить низкую температуру осаждения покрытий (200-500°C), высокую адгезионную прочность, возможность варьирования наносимого материала, возможность обработки сложнопрофильного и крупногабаритного инструмента, изготовленного из различного материала, включая диэлектрический, высокую чистоту наносимого покрытия, относительную его однородность по толщине, возможность автоматизированного управления процессом упрочняющей обработки.

Ранее в работах [4, 5] рассмотрены основные задачи проектирования круглопильного дереворежущего инструмента с износостойкими покрытиями, а также методы нанесения и составы упрочняющих композиций.

Для деревообрабатывающего инструмента покрытие должно рассматриваться как своеобразная промежуточная технологическая среда между контактирующими поверхностями инструментального (диск пилы) и обрабатываемого (древесина) материалов с уникальной способностью одновременно снижать термомеханическую нагрузку в зоне резания и повышать сопротивляемость контактных площадок инструмента разрушению. В связи с этим для рассматриваемого вида инструмента покрытие должно быть как минимум двухслойным: первый слой, непосредственно осаждаемый на диск пилы, — высокотеплопроводный, второй — износостойкий. В качестве высокотеплопроводного подслоя предложено использовать медь и углерод, осаждаемые соответственно вакуумным электродуговым методом и методом магнетронного распыления, а в качестве материалов износостойкого слоя — тугоплавкие соединения хрома и титана.

Стойкостные испытания круглопильного дереворежущего инструмента, упрочненного вышеотмеченными композициями, показали, что при резании медный подслой толщиной менее 0,5 мкм не оказывает существенного влияния на стойкость инструмента. С точки зрения увеличения теплового влияния покрытия толщина медного подслоя должна быть по возможности большей. Однако при соотношении толщины высокотеплопроводного слоя к общей толщине покрытия, превышающей 0,4, за счет возникновения критических растягивающих напряжений и в результате температурного разупрочнения медного подслоя происходит хрупкое разрушение износостойкого покрытия и, как следствие, снижение стойкости инструмента.

Аналогичная ситуация наблюдается при использовании вместо медного подслоя углеродного. Однако здесь предельное значение указанного соотношения существенно меньше и составляет порядка 0,15. В целом анализ результатов стойкостных испытаний показал, что нанесение износостойкого высокотеплопроводного покрытия позволяет повысить стойкость дисковой пилы в 1,4-1,7 раза.

Следует отметить, что в научно-технической литературе, описывающей опыт освоения в производстве износостойких покрытий, относительно состава и многослойности композиционных покрытий преобладает эмпиризм, встречаются подчас противоречивые данные. И если в качестве материалов подслоя, непосредственно прилегающего к диску пилы, однозначно должны быть использованы материалы с высоким коэффициентом теплопроводности, то материалом износостойкого слоя могут быть также и сплавы стеллита (ВЗК, ВЗКР). Технология упрочнения дереворежущего инструмента путем наплавки указанных материалов на зубья рамных и круглых пил сегодня востребована на предприятиях лесотехнического профиля Западной Европы и России. Применение этих материалов в ряде случаев дает существенное повышение износостойкости инструмента. Однако сложности технологии наплавки стеллита, применение плющилок или плющильных автоматов, необходимость строгого поддержания дозированного нагрева зуба и послеоперационной термической обработки инструмента с наплавленным материалом требуют разработки для этих целей специализированных станков и автоматов, что также не всегда экономически оправдано.

Поэтому более рациональным представляется использование сплавов стеллита в качестве упрочняющих материалов в тонкопленочном исполнении, формируемых вакуумно-плазменными методами. При таком подходе не только устраняются недостатки технологии наплавки и известные проблемы эксплуатации напаянного инструмента, но и появляются возможности управления процессом формирования и структурой упрочняющей композиции.

В дальнейшем планируется провести комплекс работ на основе использования высокоэнергетических плазменных технологий для поиска перспективных материалов покрытий, отработки режимов их нанесения с созданием композитных покрытий, учитывающих тип, форму и размеры дереворежущих инструментов, а также условия их эксплуатации.

Библиографический список

1. Григорьев С.Н., Кутергина Т.Н. Оценка эффективности технологий нанесения покрытий на режущий инструмент// Вестник машиностроения. 2005. № 2. С. 68-72.
2. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. М.: Машиностроение, 1993.
3. Фадеев В.С., Верхотуров А.Д., Паладин Н.М., Чигрин Ю.Х. Разработка и создание слоистых материалов инструментального назначения с заданным градиентом свойств // Перспективные материалы. 2004. № 5. С. 45-52.
4. Бурносов Н.В., Бавбель И.И., Вершина А.К. Высокотеплопроводные износостойкие покрытия для круглопильного дереворежущего инструмента// Труды БГТУ, сер. 11. Вып. IX. С. 116-118.
5. Бурносов Н.В., Вершина А.К. Вакуумно-плазменное упрочнение дереворежущего круглопильного инструмента// Теория и практика машиностроения. 2005. № 2. С. 22-25.

Карпович С. С., Бавбель И. И., Карпович С. И. (БГТУ, г. Минск, РБ)
dosy@bstu.unibel.by

ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

OPPORTUNITY OF REDUCTION OF POWER CONSUMPTION OF CUTTING WOOD PROCESS

Весь технологический цикл деревообрабатывающей промышленности, от заготовки древесины, до изготовления из нее продукции связан с механической обработкой, основу которой составляет процесс резания. Ежегодные заготовки древесины в Республике Беларусь составляют 15 млн. м³, из них на долю отходов в виде опилок и стружки приходится свыше 10%.

Снижение объема отходов говорит об уровне технологической культуры отрасли, возможности выпуска дополнительной продукции без увеличения объема заготовок. Ресурсосбережение автоматически снижает энергоемкость производства. Таким образом, совершенствование технологии механической обработки древесины рационально рассматривать с позиции ресурсосбережения, которая напрямую связана с уменьшением энергозатрат.

При существующих объемах перерабатываемого сырья совершенствование технологии переработки, даже на отдельных позициях, например раскрой древесины, обеспечивает большую экономическую выгоду. Конкурентоспособность выпускаемой продукции складывается из многих параметров, но в первую очередь определяется качеством выпускаемых изделий и ценой. Основу последней составляют расходы на сырье и энергию.

Эффективность механической обработки в первую очередь определяется возможностями инструмента. Совершенствование инструмента наиболее простой, дешевый и быстрый путь повышения результативности механической обработки.

Пути уменьшения энергоемкости процесса резания круглыми пилами

Самым массовым инструментом на современных деревообрабатывающих предприятиях являются круглые пилы,

основные их технические параметры – диаметр и толщина. Применение пил уменьшенной толщины одновременно решает проблемы ресурсо- и энергосбережения. Реализация этой возможности лежит в области разработки технологии формирования толщины полотна круглых пил при помощи лезвийного инструмента из сверхтвердых материалов взамен более сложной схемы обработки-шлифования. Второй путь повышения эффективности процесса резания круглыми пилами лежит в области оптимизации механизма стружкообразования за счет группового размещения режущих элементов с их функциональным разделением на подрезающие и скалывающие, что в отдельных случаях позволит отказаться от последующей чистовой операции, уменьшит объем отходов и исключит необходимость самой операции. Создание конструкций круглых пил уменьшенной толщины и разработка оптимальных режимов их эксплуатации в

комплексе решает вопросы энерго-ресурсосбережения при раскросе древесины круглыми пилами.

Дереворежущие круглые пилы подразделяют на два класса – для продольной и поперечной распиловки. Они отличаются профилем и геометрическими параметрами зубьев. Из-за меньшей толщины опытных пил, большей деформируемости зубчатого венца классическая форма зубьев оказалась малоприменимой, в основу концепции режущего венца специальных пил положен принцип функционального разделения режущих элементов на подрезающие и скалывающие. Зубчатый венец опытных пил по конфигурации и внешнему виду отличается от серийных пил, и эту особенность можно отражать термином «режущий элемент». Профили зубьев и режущих элементов представлены на рис. 1.

Режущая кромка лезвийного инструмента испытывает сложное напряженное состояние. С одновременным воздействием на материал режущего клина напряжения сжатия, сдвига, растяжения, изгиба, при циклическом нагружении зубьев многолезвийного инструмента.

По методике, предложенной профессором Моисеевым А.В, проанализируем условия механического разрушения режущей кромки под действием изгибающей нагрузки от усилия резания, если эпюра нагрузки представляет собой параболу.

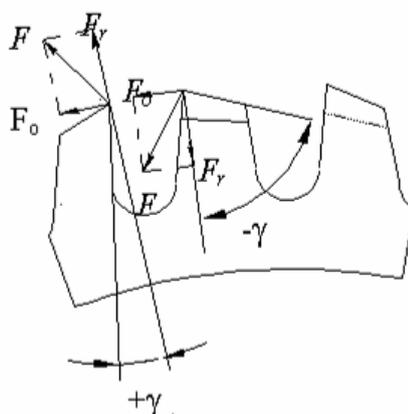


Рисунок 1 – Профили режущих элементов специальных пил

За начало координат взята кромка лезвия, с учётом этих начальных условий у кончика реза будет максимальное напряжение, когда $X \rightarrow 0$, тогда:

$$\sigma_{\max} = \frac{3}{4} \frac{n+1}{m \cdot n} \cdot \frac{P_{\text{изг}}}{b \cdot \text{tg}^2 \beta / 2}, \text{ МПа}$$

где n – показатель степени, зависящий от закона изменения нагрузки по длине лезвия, m – проекция длины контакта стружки с резцом на биссектрису угла заострения, b – ширина лезвия, мм, β – угол заострения режущего клина.

Анализ уравнения показывает, что напряжение у режущей кромки конечно, следовательно, хрупкое разрушение не является неизбежным и работа в этом направлении результативна.

На изготовленной экспериментальной установке опытным путём установлены граничные условия начала механического разрушения режущей кромки резцов в зависимости от угла заострения. Состояние режущих кромок после испытания и фотография испытательного стенда изображены на рис. 2.

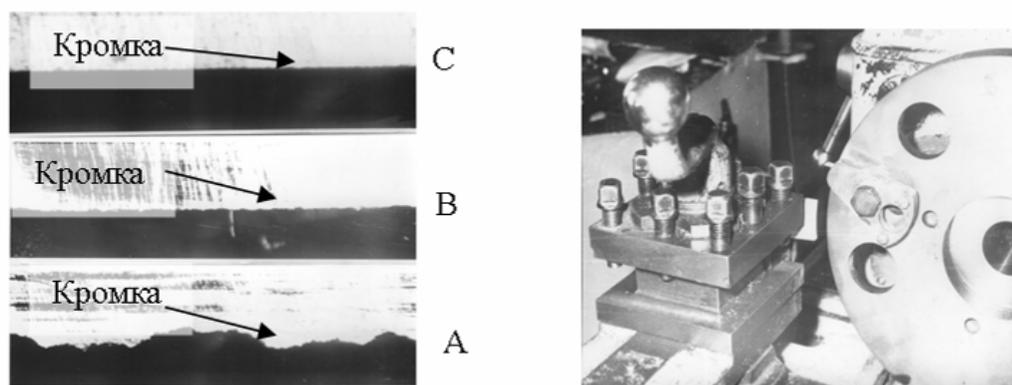


Рисунок 2 – Виды разрушения кромки режущего клина и испытательный стенд

На рис. 2 показаны виды разрушения кромки режущего клина в зависимости от угла заострения А) $\beta = 20^\circ$; В) $\beta = 30^\circ$; С) $\beta = 40^\circ$. Результаты испытаний позволили сделать вывод, что при углах заострения свыше 30° кромка режущего клина обладает достаточной прочностью. В дальнейшем все угловые параметры экспериментальных пил назначались с учётом этой величины.

Процесс стружкообразования в проектируемых пилах отличается от традиционной схемы резания.

Вначале подрезающие элементы слева и справа подрезают стенки пропила, после этого скалывающий элемент отделяет срезаемый слой со дна пропила с минимальной его деформацией, что снижает энергоёмкость процесса резания, в сравнении со схемой, когда зуб пилы деформирует срезаемый слой до образования в нем напряжений выше предела прочности волокон, после чего происходит его отделение от основного материала.

Общим в теории резания различных материалов является процесс формирования новых поверхностей. Механизм стружкообразования в первую очередь зависит от свойств обрабатываемого материала [1]. При резании металлов действует закон постоянства объема: объем металла на разных стадиях стружкообразования остается практически неизменным. Резание древесины осуществляется по другой схеме. С учетом пористости вначале осуществляется смятие, уплотнение снимаемого слоя и затем механическое разрушение по границе: деформированный снимаемый объем–поверхность режущего клина. Отсюда вытекает, что работу резания следует разделить на работу деформации и работу собственно резания. Работа механического разрушения волокон величина достаточно стабильная, в этом случае на изменение усилия резания должны оказывать влияние другие факторы. Например, при резании затупившимся резцом поперечное сечение снимаемого слоя остается постоянным, т. е. усилие, затрачиваемое на механическое разрушение волокон, теоретически не должно увеличиться. Рост усилия резания затупившимся резцом можно связать с вовлечением в процесс деформации большего объема материала. Косвенным подтверждением этого явления служит образование трещин, сколов при работе тупыми резцами на значительном удалении от зоны резания.

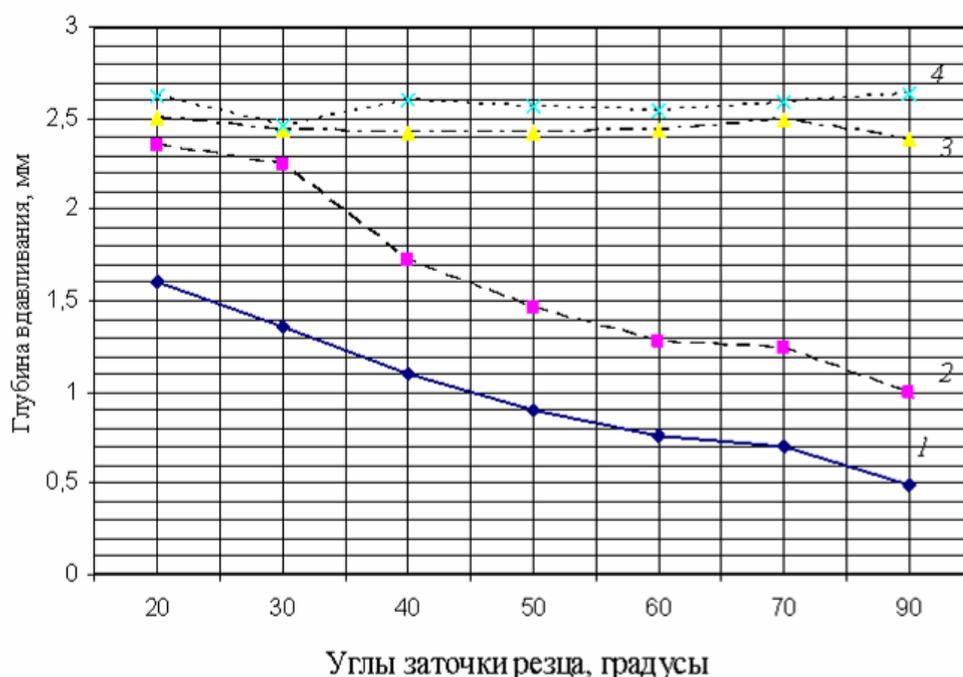


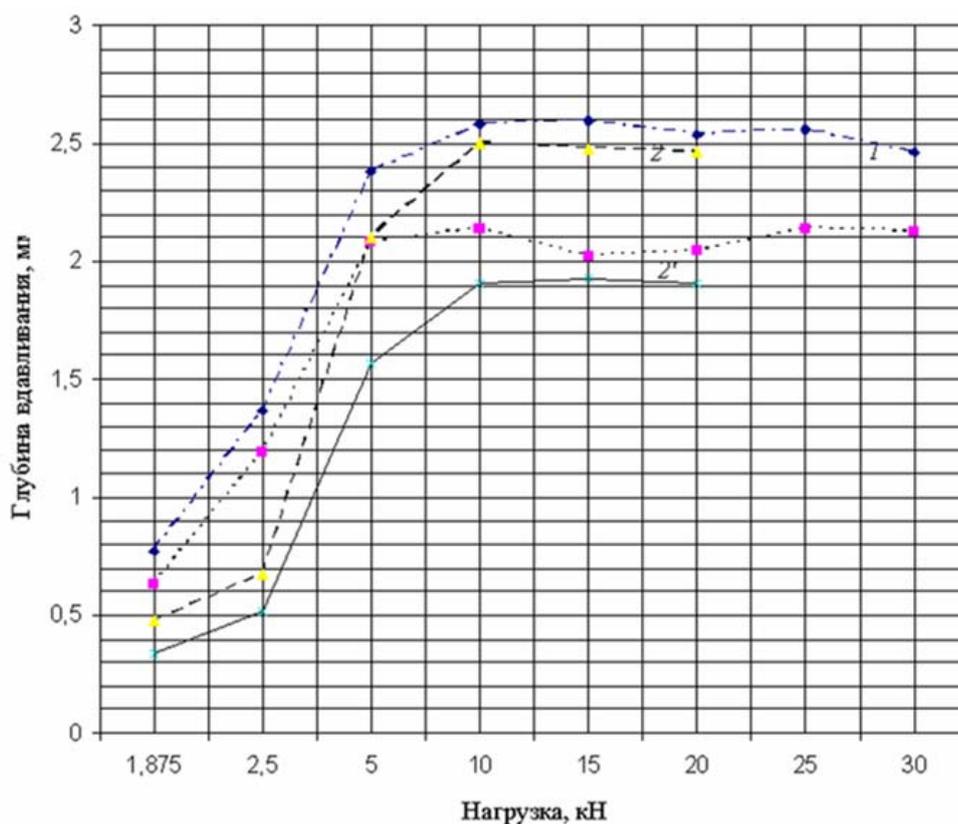
Рисунок 3 – Влияние углов заточки реза на глубину вдавливания в древесину сосны под углом 90° в направлении волокон под действием нагрузки:
1 – 2,5 кН; 2 – 5 кН; 3 – 10 кН; 4 – 15 кН

Для изучения силовых параметров резания с учетом особенностей работы режущих элементов специальных пил была смонтирована специальная установка на базе прессы Бринелля. Особенностью установки являлась не только фиксация силовых параметров резания, но одновременное измерение глубины внедрения режущего клина в древесину с точностью измерения 0,01 мм.

На рис. 3 приведены графические зависимости влияния углов заточки резцов на глубину их вдавливания под действием разных нагрузок.

При нагрузках 2,5 и 5 кН кривые имеют одинаковый характер: с уменьшением угла заточки глубина внедрения реза увеличивается. С возрастанием нагрузки свыше 10 кН угловые параметры резцов практически не оказывают влияния на глубину внедрения. Можно предположить, что работа в этом случае затрачивается на деформацию древесины. Практический интерес представляют углы заточки режущего клина в пределах $30\text{--}40^\circ$.

Проектирование дереворежущего инструмента необходимо производить с условием обеспечения 100 Н/мм на миллиметр длины лезвия при обработке древесины сосны. На рис. 3, показана глубина внедрения реза с углами заточки 30° и 60° без снятия нагрузки, графики 1 и 2, после снятия основной нагрузки графики 1' и 2'. Различия в показаниях составят 25–30% и могут быть связаны с явлением деформации и силами трения, которые удерживают режущий клин на глубине, но в любом случае это является потенциальным резервом уменьшения энергоемкости процесса резания.



1 – угол заточки резца 30° под действием нагрузки; 1' – угол заточки резца 30° после снятия основной нагрузки; 2 – угол заточки резца 60° под действием нагрузки; 2' – угол заточки резца 60° после снятия основной нагрузки

Рисунок 4 – Влияние нагрузки на глубину вдавливания резца в древесину сосны под углом 90 градусов по направлению к волокнам

На рис. 5 приведена графическая зависимость влияния направления волокон древесины относительно положения лезвия резца. По мере перехода поперечного резания к продольному глубина внедрения резца существенно увеличивается при небольших нагрузках (2,5 кН). По мере увеличения усилия вдавливания до 15 кН это различие уменьшается, следовательно, при работе режущих элементов по схеме врезания дереворежущий инструмент становится универсальным, обеспечивая хорошее качество обработки под любыми углами в направлении волокон. Увеличение угла заострения тоже ведет к уменьшению влияния направления волокон на глубину врезания, при угле $\beta = 90^\circ$ различие практически отсутствует, происходит смятие древесины.

С уменьшением толщины, деформативность полотна в осевом направлении пилы увеличивается. Следовательно, надо ожидать усиления влияния центробежных сил на положение такой пилы в пропиле [2]. Для определения этого влияния был проведен следующий эксперимент.

Изготовлена пила с толщиной полотна в рабочей зоне в пределах 0,6–0,7 мм. В результате испытаний ее на разных оборотах на образцах из древесины сосны замерены с помощью щупа данные о ширине пропила, показанные в таблице.

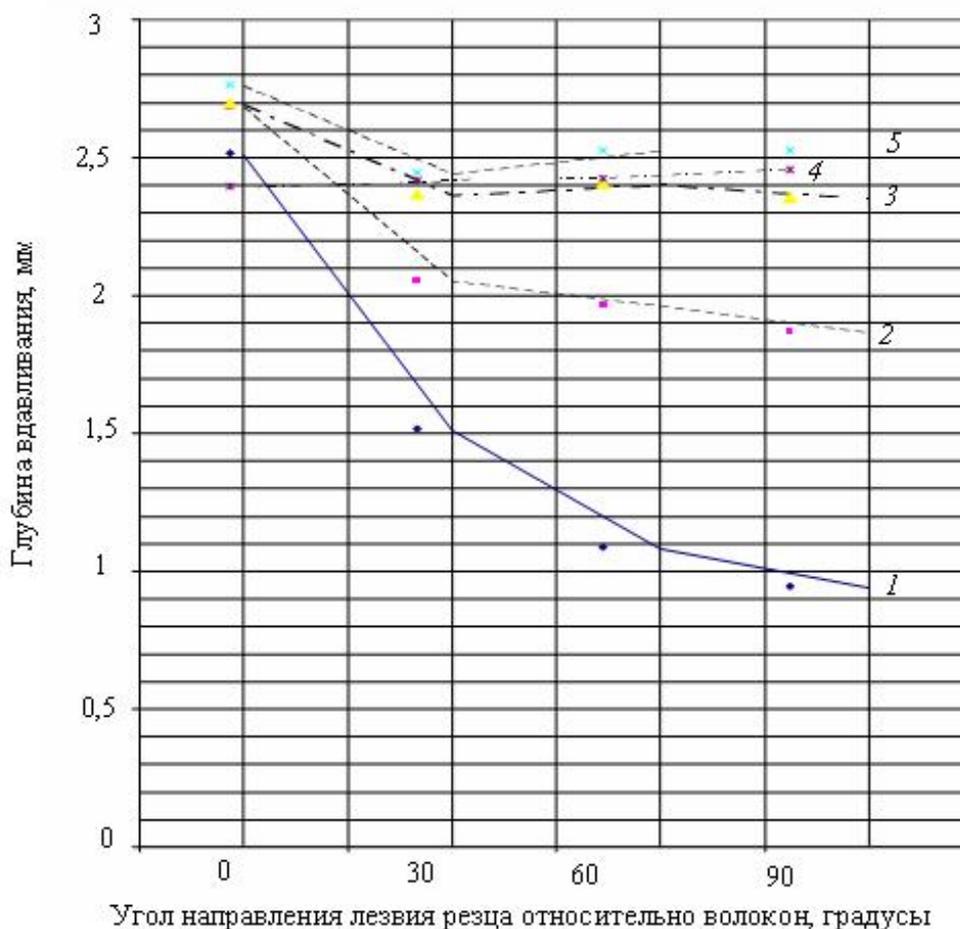


Рисунок 5 – Влияние положения лезвия реза относительно волокон на глубину вдавливания в древесину сосны

На рис. 5 обозначено: 1 – резцом с углом заточки 30° под действием нагрузки 2,5 кН; 2 – резцом с углом заточки 30° под действием нагрузки 5 кН; 3 – резцом с углом заточки 30° под действием нагрузки 10 кН; 4 – резцом с углом заточки 30° под действием нагрузки 15 кН; 5 – резцом с углом заточки 90° градусов под действием нагрузки 15 кН

Таблица – Зависимость ширины пропила от частоты вращения шпинделя

Частота шпинделя, мин ⁻¹	50	100	400	800	1600
Ширина пропила, мм	2,25	1,8	1,2–1,25	1,1–1,2	0,8

Различия в ширине пропила на входе незначительны и лежат в пределах 0,05–0,1 мм, с тенденцией к уменьшению с увеличением частоты шпинделя. Ширина пропила на выходе пилы существенно зависит от частоты вращения и лежит в пределах от 0,8 до 2,25 мм, что составляет различие в 2,8 раза. Для практической работы важно отметить, что этот параметр, контролируемый и на частотах свыше 1600 мин⁻¹ обеспечивает высокое качество выполнения операции, что можно видеть на рис. 6.

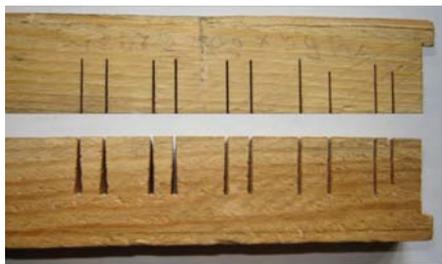


Рисунок 6 – Ширина пропила при различных оборотах шпинделя на входе и выходе пилы

Выводы:

1. Работа резания древесины складывается из усилия затрачиваемого на деформацию материала и разрушение связей между снимаемым объемом материала и поверхностью резания.
2. Энергоемкость процесса резания может быть снижена за счет уменьшения величины деформации снимаемого слоя.
3. Для снижения энергоемкости процесса резания необходимо дереворежущий инструмент проектировать из условия: силовая нагрузка на миллиметр длины лезвия режущего элемента не должна превышать 100 Н.
4. Центробежные силы существенно влияют на ширину пропила, особенно на выходе инструмента и при частоте вращения шпинделя свыше 1600 мин⁻¹ различие в размерах пропила исчезает.

Библиографический список

1. Есипов, П. П. Исследование профилировки зубьев круглых пил для поперечного пиления сосновой древесины / П. П. Есипов. – Архангельск: Архангельское книжное издательство, 1961. – 79 с.
2. Стахийев, Ю. М. Работоспособность плоских круглых пил. / Ю. М. Стахийев. – М.: Лесная пром-сть, 1989. – 380 с.

Агапов А.И. (ВятГУ, Г. Киров, РФ)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ
ФРЕЗЕРНОПИЛЬНОЙ ЛИНИИ «LINCK»
ДЛЯ ПРОДОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПИЛОВОЧНИКА**

***ESTIMATING THE OPTIMAL LIFE-TIME OF THE LINCK CHIPPER-
EDGER LINE FOR LONGITUDINAL TIMBER SAWING***

После капитального ремонта была приобретена фрезернопильная линия Австрийской фирмы «Linck» для продольной обработки пиловочника. Линия содержит окорочный станок модели VK 600, фрезернопрофилирующий станок модели VPS 22 два фрезернобрусующих станка с вытягивающим устройством и коническими фрезами модели V 25.18, фрезерный станок модели VP 22, двухвальный круглопильный станок

модели МК 20 – DINE, два кантователя модели WD/TKV/R, а также продольные и поперечные транспортеры и участок сортировки щепы с виброситом DST/V. Линия была установлена и запущена на предприятии г. Кирова в 2004 г. Стоимость оборудования линии вместе с установкой и пуском составила 29 659 896 руб. Оборудование линии ранее проработало более 20 лет. Поэтому очень важно определить возможный оптимальный срок эксплуатации данной линии, так как расходы на ремонт и обслуживание могут составлять большой удельный вес и может наступить такой момент, когда эксплуатация такой линии будет экономически не рациональна.

Для решения таких задач впервые были предложены (1) математические модели для определения оптимального срока эксплуатации технологического оборудования. В этих математических моделях оптимальный срок эксплуатации зависит от первоначальной стоимости оборудования и от затрат на ремонт и обслуживание этого оборудования.

Расходы на ремонт и обслуживание во время эксплуатации фрезернопильной линии «Linck» на производстве представлены в таблице.

Таблица – Затраты на ремонт и обслуживание оборудования линии «Linck»

Время эксплуатации		Затраты на ремонт оборудования, руб.	Разница затрат между полугодиями
2004 год		0	-
2005 год	1 полугодие	302812	302812
	2 полугодие	443507	140695
	За год	746319	
2006	1 полугодие	536208	92701
	2 полугодие	606381	70173
	За год	1142589	

Данные таблицы показывают, что затраты на ремонт и обслуживание оборудования фрезернопильной линии «Linck» увеличиваются от нуля и возрастают замедленно.

Анализируя данные таблицы можно отметить, что годовые затраты на ремонт и обслуживание оборудования линии изменяются по параболической зависимости, которые можно представить следующим уравнением:

$$R_r = d\sqrt{T}, \quad (1)$$

где R_r -затраты на ремонт и обслуживание оборудование линии, руб.,

d – коэффициент пропорциональности,

T – время эксплуатации оборудования, лет.

Тогда годовые затраты на ремонт и обслуживание оборудования, а также амортизационные отчисления, опишутся уравнением

$$Z_r = \frac{C_o}{T} + d\sqrt{T}, \quad (2)$$

где C_o - первоначальная стоимость оборудования линии, руб.

Взяв первую производную и приравняв ее к нулю, оптимальный срок эксплуатации оборудования определится по формуле:

$$T_o = \sqrt[3]{\frac{4C_o^2}{d^2}}. \quad (3)$$

Используя данные затраты на ремонт оборудования линии (табл. 1), коэффициент пропорциональности уравнения (1) $d=777130$ руб. В этом случае процент отклонения расчетных и фактических затрат на ремонт оборудования находится в пределах 4%.

Пользуясь формулой (3) оптимальный срок эксплуатации оборудования линии «Linck» составит 18 лет. Таким образом затраты на ремонт и обслуживание оборудования линии «Linck» не являются большими и покупка линии с точки зрения затрат на ремонт и обслуживание вполне оправдана.

Подставив равенство (3) в уравнение (1), можно определить предельно допустимые годовые расходы на ремонт и обслуживание оборудования линии

$$R_r = \sqrt[3]{2C_o d^2} . \quad (4)$$

Расчеты по формуле (4) показывают, что предельно-допустимые расходы на ремонт и обслуживание оборудования линии составят 3300000 руб. После таких расходов на содержание оборудование линии не целесообразно.

Следует иметь в виду, что эти расчеты позволяют сделать прогноз с определенной точностью, которая зависит от правильного отражения всех затрат на обслуживание и ремонт оборудования линии, а также от того, что при дальнейшей эксплуатации линии эти затраты будут изменяться по представленной зависимости. В связи с этим целесообразно после 4...5 лет эксплуатации линии по предложенной методике произвести новые расчеты по определению оптимального срока эксплуатации оборудования линии с учетом новых данных затрат на ремонт и обслуживание этой линии. В настоящее время по представленным расчетам, можно сделать прогноз, что эксплуатация данного оборудования линии целесообразна в течении, по крайней мере не менее 10 лет.

Библиографический список

1. Агапов А.И. Определение оптимального срока эксплуатации оборудования. Материал Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития лесного комплекса». Вологодский гос. техн. университет, Вологда. – 2006. – с.66-69.

Раевская Л.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) raevskaya@usfeu.ru

ПРИЛОЖЕНИЕ МЕТОДА НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ МНОЖИТЕЛЕЙ ЛАГРАНЖА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ПНЕВМОМОТОРА

USING OF INDEFINITE MULTIPLIERS LA GRANGE METHOD TO SOLVE THE PNEUMOTOR RATIONALIZATION PROBLEM

Величина напряжения вдоль оси поршня пневмомотора ДАР 14М на порядок превышает среднее значение [1]. Одна из основных причин этого - появление деформации изгиба из-за внецентренного сжатия. Для уменьшения деформации изгиба предусмотрен такой конструктивный элемент поршня, как ребро жесткости. В поршне пнев-

момотора ДАР-14М длина ребра жесткости 60 мм, сечение, перпендикулярное оси ребра, имеет геометрическую форму трапеции с верхним основанием $a = 8$ мм, нижним основанием $b = 16$ мм. Высота трапеции $h = 15$ мм (рис.1, 2).

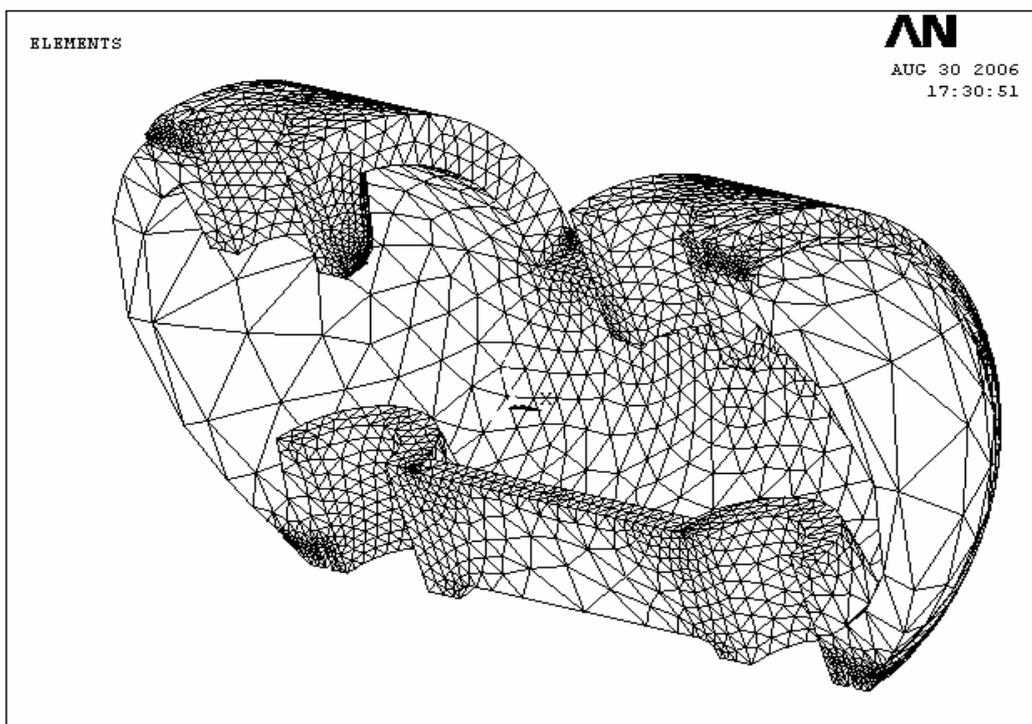


Рисунок 1 – Модель поршня (в нижней части между опорами под поршневой палец – ребро жесткости)

Ранее было показано, что параметры ребра жесткости не оптимальны [1]. Изменение параметров сечения ребра жесткости может приводить к уменьшению характеристик напряженно-деформированного состояния (НДС) от 4-5% (упругие деформации, абсолютные смещения точек) до 10-15% (напряжение). Для окончательного решения задачи поиска формы и параметров сечения ребра жесткости исследуем целевую функцию - в нашем случае нормальное напряжение σ вдоль оси поршня. Воспользуемся методом неопределенных множителей Лагранжа, который особенно эффективен при числе переменных три и менее [2]. В данном расчете целевая функция зависит от двух параметров – размеров верхнего и нижнего оснований трапеции. Эти параметры выбраны в качестве переменных проектирования. Кроме того, потребуем, чтобы масса ребра жесткости оставалась постоянной, равной исходной массе в поршне пневмомотора ДАР-14М. Это налагает ограничения на переменные проектирования: поскольку площадь сечения должна оставаться постоянной, равной $S = h(a + b)/2$, то отсюда следует, что ограничение в виде равенства имеет следующий вид $(a + b - k) = 0$. В полученном условии связи значение k равно 24. Изменяя переменные проектирования, можно влиять на переменные состояния – напряжения. Чтобы построить функцию Лагранжа

$$L(X_1, X_2, n) = \sigma(X_1, X_2) + n(X_1, X_2, k), \quad (1)$$

где n - неопределенный множитель Лагранжа, X_1, X_2 – параметры, необходимо получить аналитическое выражение для напряжения в сечении ребра жесткости.

Известно, что напряжение вычисляется по формуле

$$\sigma = \pm \left(\frac{P}{S} + \frac{P * Y_0 * Y_1}{I_z} \right). \quad (2)$$

Здесь P – равнодействующая внешних сил, направленная по оси поршня, перпендикулярно плоскости рис. 2 на расстоянии Y_0 от точки C , Y_0 - плечо силы P относительно оси Z , Y_1 - координата самой удаленной от нейтральной линии точки сечения, I_z - момент инерции сечения относительно оси Z . В данном расчете величина силы P считается постоянной, а Y_c , Y_1 , Y_0 , I_z зависят от параметров a, b следующим образом:

$$Y_c = h (2a + b) / 3(a + b) ;$$

$$Y_1 = h - Y_c = h(a + 2b) / 3(a + b) ; \quad (3)$$

$$Y_0 = d - Y_c = (3d (a + b) - h(2a + b)) / 3(a + b) ; \quad (4)$$

$$I_z = h^3 (a^2 + 4ab + b^2) / 36(a + b), \quad (5)$$

где d – расстояние от нижнего основания трапеции до оси поршня. Эта величина для двигателя ДАР -14М принимает значение равное 32,5 мм.

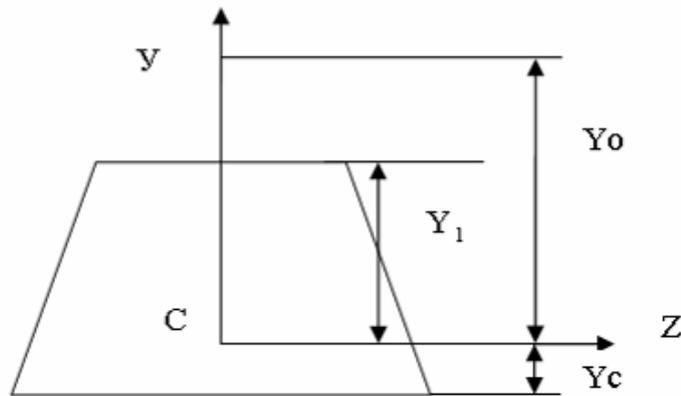


Рисунок 2 – Сечение ребра жесткости

На рис. 2 обозначено: Y_c – расстояние от нижнего основания трапеции до центра тяжести сечения - т. C , Y_1 - координата самой удаленной точки сечения от нейтральной линии, Y_0 – координата точки приложения силы P .

Подставляя соотношения (3) – (5) в формулу (2), получаем для максимального нормального напряжения вдоль оси поршня в самой удаленной от нейтральной линии точке сечения аналитическое выражение в виде

$$\sigma = \pm \frac{2 * P}{h * (a + b)} \{ 1 + 2(a + 2b)[3d(a + b) - h(2a + b)] / h(a^2 + 4ab + b^2) \}. \quad (6)$$

В силу симметрии задачи нейтральная линия пройдет параллельно основаниям трапеции. Определим координату Y нейтральной линии из соотношения (2). Получаем

$$Y = - \frac{I_z}{S * Y_0},$$

откуда следует, что для Y всегда будет отрицательное значение, т.е. нейтральная линия располагается всегда ниже центра тяжести сечения. Часть ребра жесткости над центром тяжести всегда – сжата, независимо от вида трапеции. Возникает вопрос, при любых ли параметрах a, b сечения точки именно верхнего основания будут

самыми удаленными от нейтральной линии. При величине $a \leq b$ это так и будет. При значениях $a \geq 16$ мм самыми удаленными точками от нейтральной линии оказываются точки нижнего основания. Ниже на графике показано изменение расстояния (в мм) до центра тяжести для нескольких вариантов сечений: 1 – сечение с параметрами $a=b=12$; 2- $a=14, b=10$; 3 – $a=16, b=8$; 4 – $a=18, b=8$; 5 – $a=20, b=4$; 6 – $a=22, b=2$. Для нашего исследования рассмотрим напряжение в виде соотношения (6).

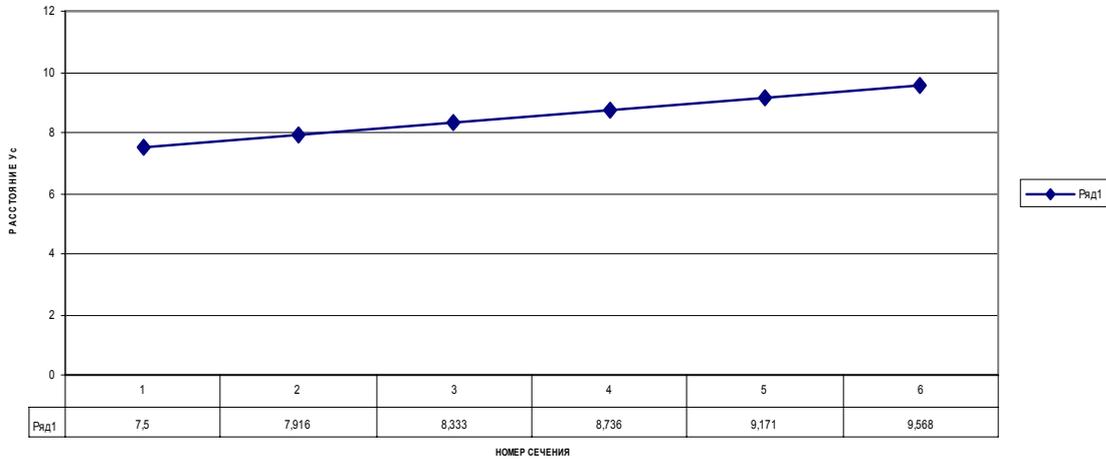


Рисунок 3 – График положения центра тяжести сечения (ряд 1) относительно нижнего основания для разных параметров

Функция Лагранжа получается следующей (при условии $h=15, d=32,5$)

$$L(a, b, n) = 2P(1 + 2(2b+a)(67.5a+82.5b)/15(a^2+4ab+b^2))/15(a+b) + n(a+b-k). \quad (7)$$

Для частных производных от функции Лагранжа (7) по a, b, n получены следующие выражения

$$\partial L(a, b, n) / \partial a = (0.07(15na^4 + 120nba^3 - 20a^2P + 270 a^2nb^2 - 92aPb + 120 anb^3 - 164Pb^2 + 15nb^4))/(a^2 + 4ab + b^2)^2$$

$$\partial L(a, b, n) / \partial b = (0.07(15na^4 + 120nba^3 - 34a^2P + 270 a^2nb^2 - 40aPb + 120 anb^3 - 46Pb^2 + 15nb^4))/(a^2 + 4ab + b^2)^2$$

$$\partial L(a, b, n) / \partial n = a + b - k.$$

Приравнивая эти производные нулю и решая систему уравнений, получаем для параметров a и b , минимизирующих нормальное наибольшее напряжение значения (округляя до целых величин) $a = 20$ мм, $b=4$ мм.

Обсуждение результатов.

1. Поскольку самое большое напряжение существует по оси поршня, то получено аналитическое выражение для этой величины и с помощью метода неопределенных множителей Лагранжа, вычислены такие параметры a, b сечения ребра жесткости, которые минимизируют нормальное наибольшее напряжение.

2. Для проверки результата в программном комплексе ANSYS исследовалось напряженно-деформированное состояние поршня пневмомотора ДАР-14М с новыми параметрами ребра жесткости $a=20, b=4$. В таблице приведены некоторые результаты для максимального смещения U_y , напряжений σ_x, σ_y деформации ε_y в сравнении с полученными ранее (предыдущего расчета поршня с параметрами $a=8$ мм, $b=16$ мм).

Таблица – Характеристики напряженно-деформированного состояния (НДС) для двух видов сечения ребра жесткости

a-b (мм) характеристики	8- 16	20-4	% изменения
$U_y (10E-05)м$	-0.437	-0.416	4.8
$\sigma_x (10E07) Н/м^2$	0.356	0.320	10.1
$\sigma_y (10E07) Н/м^2$	0.209	0.167	20.1
$\varepsilon_y (10E-04)$	0.229	0.217	5.2

Для дальнейшего уточнения результатов необходимо рассмотреть сечение ребра жесткости вместе с корпусом поршня.

Библиографический список

1. Раевская Л.Т. Динамическое моделирование напряженно – деформированного состояния элементов аксиально-поршневых пневмомоторов. Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды евразийского симпозиума/ Под ред. И.Т. Глебова. – Екатеринбург. 2006 г. С.193-200.

2. Петрушко И.М., Кузнецов Л.А., Прохоренко В.И., Сафонов В.Ф. курс высшей математики: Интегральное исчисление. Функции нескольких переменных. Дифференциальные уравнения. М.: Изд-во МЭИ, 2002.

Кузнецов А.И., Лимонов К.Э. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
akwer@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА РЕЗАНИЯ С ГИПОЦИКЛИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ОБРАТНОГО ДЕЙСТВИЯ

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE MECHANISM OF LOG FRAMES WITH THE HYPOCYCLOID CONVERTER OF RETURN ACTION

Повышение эффективности работы лесопильно-деревообрабатывающей промышленности взаимосвязано с уровнем развития бревнопильного оборудования. В настоящее время основная часть пиломатериалов производится на лесопильных рамах. Существенный недостаток лесопильных рам – высокая виброактивность устранен в лесопильных рамах с гипоциклическим механизмом резания ЛРВ2, РУН63.

Указанные лесопильные рамы полностью уравновешены, не требуют установку на фундамент, некоторые модели выполняются в передвижном варианте.

Механизм резания таких рам имеет достаточно сложную структурную и кинематическую схему [1], включающую два замкнутых силовых контура:

- синхронизирующий вал – правый и левый преобразователи - траверса пильной рамки;
- синхронизирующий вал – правый и левый приводы – электрическая сеть.

Ввиду различия механических характеристик асинхронных двигателей, неравенства фактических передаточных отношений ременных передач и упругого скольжения в них, кинематических погрешностей в зубчатых передачах планетарных преобразователей неизбежно возникновение паразитных потоков мощностей и дополнительных нагрузок на звенья механизма и его приводов. В частности, в практике эксплуатации наблюдаются усталостные изломы синхронизирующих валов.

В научно-технической литературе [2] найдено новое конструктивное решение, позволяющее отказаться от использования синхронизирующего вала. Однако, данных о методах уравнивания, исследовании и методике расчета данного механизма обнаружено не было. Кинематическая схема с противовесами показана на рисунке.

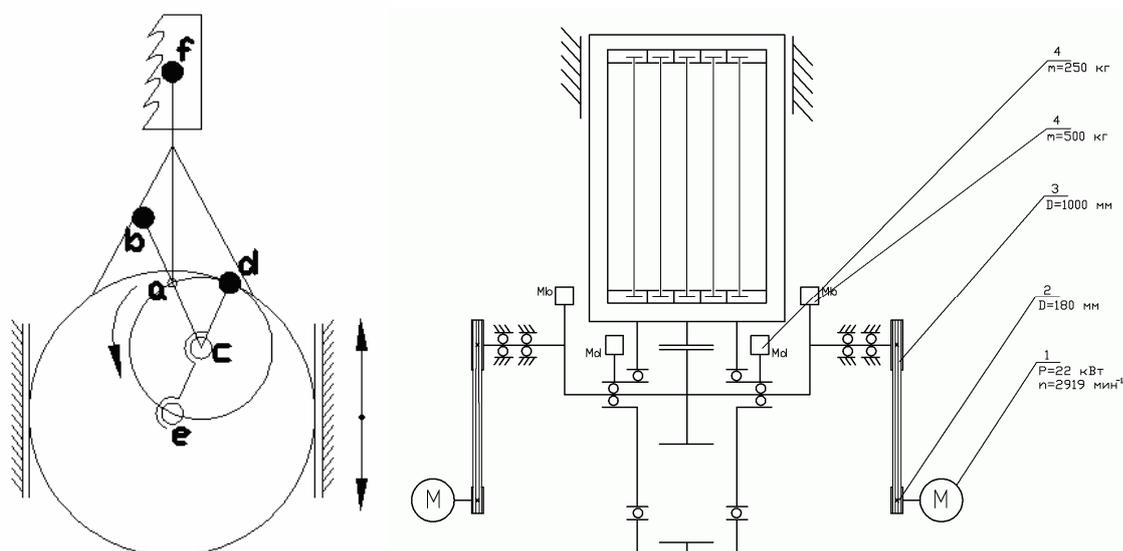


Рисунок – Кинематическая схема механизма резания лесопильной рамы с планетарным преобразователем обратного действия: 1 – роторы электродвигателей; 2 - ведущие шкивы приводов; 3 - ведомые шкивы приводов; 4, 5 - противовесы.

На кафедре станков и инструментов был спроектирован механизм резания лесопильной рамы не уступающий по техническим характеристикам аналогу.

В работе проведены исследования кинематики и динамики механизма резания, определены законы движения, скорости и ускорения звеньев, силы, действующие на звенья кинематических пар при холостом ходе и процессе пиления. Предложена конструкция преобразователя, использующая легкоъемную кассету с упругими зубчатыми ремнями в качестве коронной шестерни. Выполнены расчеты на несущую способность кассеты и произведена конструктивная проработка преобразователя. Это позволит повысить ремонтпригодность преобразователя и лесопильной рамы в целом.

1. Кузнецов А.И., Новоселов В.Г. Синтез модели механизма резания лесопильных рам в программном пакете simulink//Урал промышленный – Урал полярный: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: Сборник материалов VI международной науч.-техн. конф. -Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. – С. 140 – 142.
2. Умнов Н.В., Морозов Н.Г., Крылов В.Н. Новый этап в развитии конструкции лесопильных рам // Дерево.RU, 2006, №4 С 62-64.

Щепочкин С.В., Лимонов А.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
art-sit@yandex.ru

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПОДАЧИ В КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ С УЧЁТОМ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА

TO A QUESTION OF SUBMISSION SPEED DEFINITION IN RADIAL SAW MACHINE IN VIEW OF THE TOOL TEMPERATURE CONSTANCY

При назначении режимов резания (скорости подачи) при пилении круглыми пилами принимают во внимание основные технические ограничения, относящиеся к материалу - допустимая шероховатость; к станку - установленная мощность электродвигателя главного привода; к инструменту - емкость впадины зуба и динамическую устойчивость. Расчет скорости подачи с учётом указанных ограничений выполняется с учетом известной учебной и справочной литературы [1]. Однако эти ограничения не учитывают теплостойкость материала зуба пилы.

Как известно, в процессе работы в результате сил трения инструмент нагревается. Очагами образования тепла являются: зона контакта зубьев пилы с древесиной, участки трения боковых поверхностей пилы о стенки пропила, и о случайно попавшие опилки. В результате температура на контактных поверхностях инструмента при резании может достигать высоких температур, превышающих температуру отпуска материала лезвий. Изменение структуры материала при нагреве (отпуске) вызывает изменение и механических свойств. С повышением температуры отпуска твердость и прочность понижаются, а пластичность и вязкость повышаются. В результате таких изменений уменьшается период стойкости инструмента и даже возможен преждевременный выход из строя.

В связи с этим предлагается ввести ограничение скорости подачи древесины в зону резания по допускаемой теплостойкости.

Как показано в работе [2] температура в зоне резания (t_0 , °C) напрямую зависит от мощности резания ($N_{рез}$, Вт)

$$t_0 = \frac{N_{рез} K_1}{z \alpha_z + K_2 \alpha_p}, \quad (1)$$

где K_1 – коэффициент доли мощности на резание, идущей на нагрев инструмента, $K_1 = 0,025 \dots 0,35$;

z – число зубьев пилы;

K_2 – коэффициент, показывающий во сколько раз температура на периферии диска выше температуры резания, $K_2 = 0,025 \dots 0,1$;

α_z – среднеинтегральный коэффициент теплоотдачи зуба пилы, Вт/°С;

α_p – среднеинтегральный коэффициент теплоотдачи диска, Вт/°С.

Расчёт среднеинтегральных коэффициентов α_z и α_p подробно рассмотрен в работах [3] и [4] соответственно.

По методике А.Л. Бершадского, изложенной в [5] мощность на резание равна

$$N_{рез} = \frac{F_{x1} \cdot l_k \cdot z \cdot n}{6 \cdot 10^4}, \text{ Вт} \quad (2)$$

где F_{x1} – касательная составляющая средней силы резания на дуге контакта зуба при продольном пилении;

l_k – длина дуги контакта, мм;

n – частота вращения пилы, мин⁻¹.

Для толщины стружки длиной $l_{стр} < 0,1$ мм

$$F_{x1M} = a_n \cdot a_w \cdot a_b \cdot [(a_p - 0,8) \cdot p \cdot b_1 + U_z \cdot \sin \theta_{cp} \cdot (k_M \cdot b + \alpha_t \cdot h)]; \quad (3)$$

для толщины стружки длиной $l_{стр} \geq 0,1$ мм

$$F_{x1} = a_n \cdot a_w \cdot a_b \cdot [a_p \cdot p \cdot b_1 + U_z \cdot \sin \theta_{cp} \cdot (k \cdot b + \alpha_t \cdot h)], \quad (4)$$

где a_n – коэффициент, учитывающий влияние породы древесины;

a_w – коэффициент, учитывающий влияние влажности древесины;

a_b – коэффициент, учитывающий влияние вида пиления (попутное, встречное),

$a_b = 1,0$ – при встречном пилении, $a_b = 1,1$ – при попутном;

a_p – коэффициент, учитывающий влияние затупления;

$p = 3,92 + 0,0353 \cdot \theta_{cp}$ – удельная касательная сила по задней грани, Н/мм;

b_1 – ширина стружки ($b_1 = S$ при разведенных, $b_1 = b$ при плющенных зубьях), мм;

$$U_z = \frac{1000 \cdot U}{z \cdot n} \text{ – подача на зуб, мм;}$$

$\theta_{cp} = \arcsin(h/l_k)$ – средний кинематический угол встреч, град;

где h – высота пропила, мм;

$$k = (0,196 + 0,00392 \cdot \theta_{cp}) \cdot \delta + (0,0686 + 0,00147 \cdot \theta_{cp}) \cdot V - (5,4 + 0,167 \cdot \theta_{cp})$$

– касательное давление на стружку толщиной не менее 0,1 мм, Н/мм²;

$$k_M = (0,196 + 0,00392 \cdot \theta_{cp}) \cdot \delta + (0,0686 + 0,00147 \cdot \theta_{cp}) \cdot V + (26,48 + 0,098 \cdot \theta_{cp})$$

– касательное давление на стружку толщиной менее 0,1 мм, Н/мм²;

δ – угол резания, град;

b – ширина пропила, мм;

α_t – коэффициент интенсивности трения стружки о стенки пропила и прессования ее во впадине зуба ($\alpha_t = 0,71$ – для разведенных, $\alpha_t = 0,57$ – для плющенных зубьев), Н/мм².

Подставив выражения (3), (4) и (2) в формулу (1), выразим U – скорость подачи заготовки в зависимости от допускаемой температуры:

для толщины стружки меньше 0,1 мм

$$U_t = \frac{60 \cdot [t_0] \cdot (z \cdot \alpha_z + K_2 \cdot \alpha_p) \cdot (a_p - 0.8) \cdot p \cdot b_1 \cdot z \cdot n}{a_n \cdot a_w \cdot a_b \cdot h \cdot K_1 \cdot 10^3 \cdot \sin \theta_{cp}} \cdot \frac{1}{k_M \cdot b + \alpha_T \cdot h}; \quad (5)$$

для толщины стружки больше 0,1 мм

$$U_t = \frac{60 \cdot [t_0] \cdot (z \cdot \alpha_z + K_2 \cdot \alpha_p) \cdot a_p \cdot p \cdot b_1 \cdot z \cdot n}{a_n \cdot a_w \cdot a_b \cdot h \cdot K_1 \cdot 10^3 \cdot \sin \theta_{cp}} \cdot \frac{1}{k_M \cdot b + \alpha_T \cdot h}. \quad (6)$$

За допускаемую температуру $[t_0]$ предлагается принять температуру отпуска материала режущей части пилы. Полученные формулы (5) и (6) могут быть использованы для определения скоростей подач в круглопильных станках.

Библиографический список

1. Пашков В.К. Теплофизика резания древесины круглыми пилами: монография. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007, 311 с.
2. Щепочкин С.В. Об оценке температуры резания при пилении круглыми пилами // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: Труды международного евразийского симпозиума / Под ред. И.Т. Глебова. – Екатеринбург, 2006. – С. 143 – 146.
3. Пашков В.К., Щепочкин С.В. О конвективном теплообмене режущей части пилы при резании // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: Труды международного евразийского симпозиума / Под ред. И.Т. Глебова. – Екатеринбург, 2006. – С. 138 – 143.
4. Пашков В.К., Щепочкин С.В. Определение температурных перепадов плоских круглых пил // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 14. – Брянск: БГИТА, 2006. – С. 147-152.
5. Стахийев Ю.М. Руководящие технические материалы по определению режимов пиления древесины круглыми пилами / Стахийев Ю.М., Пашков В.К. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. – 74 с.

Проблемы безопасности и экологии в деревообработке

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ФИЛЬТР АСПИРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕХА

THE FILTER ASPIRATION OF SYSTEMS WOODWORKING SHOPS

При станочной обработке древесины, а также при ее измельчении с получением мелких частиц (щепы, стружки, муки и др.) неизбежно образуется пыль. Пылевые частицы имеют большую суммарную поверхность, вследствие чего их химическая и биологическая активность очень высока. Древесная пыль в аэрозольном состоянии и при определенной концентрации произвольно взрывается. Пыль препятствует нормальному выполнению технологических операций, например отделке изделий лакокрасочными материалами. Наконец, пыль затрудняет дыхание рабочих цеха, вредит их здоровью. Для удаления пыли и создания нормативных санитарно-гигиенических условий труда деревообрабатывающий цех снабжается аспирационной системой с пылеуловителем.

Частицы промышленной пыли имеют различные форму и размеры. Пылевые частицы различной формы при одной и той же массе оседают с разной скоростью. Чем ближе их форма к сферической, тем быстрее они оседают.

В настоящее время в деревообработке применяется несколько типов пылеулавливающих аппаратов, в которых использованы следующие основные принципы осаждения:

- естественные силы тяжести и диффузии;
- эффект зацепления;
- инерционные силы, проявляющиеся при изменении направления и скорости пылегазового потока;
- силы электрического притяжения предварительно заряженных частиц статическим электричеством.

Для фильтрации больших объемов запыленного воздуха используют рукавные тканевые фильтры.

Рукавный фильтр состоит из корпуса, пола с цилиндрическими втулками, на которых закреплены нижние концы рукавов, решетчатого потолка с глухими стаканами, на которых закреплены верхние концы рукавов, вибратора на потолке и цепей, поддерживающих потолок. Фильтр смонтирован на бункере для временного хранения древесных частиц.

Воздушный поток древесных частиц поступает в бункер. Скорость воздуха в бункере падает, и крупные частицы оседают в нем, а запыленный воздух поднимается в рукава фильтра и фильтруется в них. На внутренней стенке рукавов образуется слой пыли, который увеличивает гидравлическое сопротивление фильтра. При наступлении конечного гидравлического сопротивления фильтрующий элемент подлежит замене или регенерации.

Процесс очистки пылевоздушного потока зависит от типа фильтровальной ткани и вида пыли. Гладкие и неворсистые ткани сравнительно легко пропускают запыленный воздух. В порах таких тканей задерживаются только крупные частицы пыли. Фильтр начинает хорошо задерживать мелкую пыль только после накопления на поверхности фильтрующих элементов слоя пыли. Для ворсистых, шерстяных тканей с мелкими порами влияние начального слоя пыли менее заметно. Ворсистые ткани целесообразно применять при улавливании зернистой гладкой пыли, а для улавливания волокнистой пыли лучше использовать гладкие ткани.

Фильтрация тонкой пыли (частицы менее 1 - 2 мкм) возможна лишь на поверхности запыленного фильтра, на ранее осажденной пыли.

Фильтровальные ткани, используемые в фильтрах, должны отличаться высокой пылеемкостью, воздухопроницаемостью, механической прочностью, стойкостью к истиранию, антистатическими свойствами, стабильностью свойств при повышенной температуре и агрессивном воздействии химических примесей, а также минимальным влагопоглощением и способностью к легкому удалению накопленной пыли.

Не все фильтровальные ткани удовлетворяют перечисленным требованиям, поэтому каждую ткань используют для определенных, наиболее благоприятных для нее условий.

В фильтрах, используемых для улавливания древесных частиц, наиболее часто используют следующие фильтровальные ткани: “Ланит К”, “Смог” (старое название “Ланит 500”) плотностью $460 \pm 23 \text{ г/м}^2$, “Искра”, “Искра 2”. Это иглопробивной лавсановый материал (арт. 86033 и 86051). Ткань “Искра” – антистатический материал, имеющий металлические вкрапления для снятия статического электричества. Рукава из этой ткани используют для фильтрования пылевоздушной смеси, содержащей пыль, образующуюся при шлифовании древесины или лаковых покрытий. Материал “Искра 2” – каркасный, более долговечный. Каркасная основа повышает прочность ткани и сохраняет размеры изделия в течение всего срока службы. Физические параметры фильтровальных тканей, такие как плотность, толщина, объем пор варьируются в широких пределах, что позволяет эффективно фильтровать газопылевые смеси с различными характеристиками. Швы рукавных фильтров могут быть как тройными сшивными, так и термосварными. В зависимости от конструкции фильтра, рукавный фильтр снабжается металлическими кольцами, усилениями, доньшком и прочими элементами.

Рукава могут работать в сети под разрежением или напором. Рукава напорных фильтров представляют собой сшитые цилиндры (как правило, из лавсана), усиленные по длине антиколлапсными кольцами, вшитыми в материал. Рукава же фильтров, рабо-



Рисунок 1– Тканевые рукава

ботающих под разрежением, представляют собой сшитые цилиндры из плотного материала (например, нетканые иглопробивные полотна), имеющие доньшко и горловину различной конструкции, в зависимости от крепления каркаса, на который они надеваются. Фильтровальные рукава имеют диаметр 120...300 мм и длину 2...9 м (рисунок 1).

Расчет фильтра сводится к определению поверхности фильтрования рукавов, количества ру-

кавов и сопротивления фильтра по заданной производительности аспирационной системы цеха.

Площадь поверхности фильтровальных рукавов S , m^2 , находится по производительности аспирационной системы цеха:

$$S = \frac{Q}{q},$$

где Q – объем очищаемого воздуха, m^3 ;

q – удельная воздушная нагрузка фильтра, $m^3/(m^2 \cdot ч)$, которая показывает, какой объем воздуха ($m^3/ч$), допускается пропускать через $1 m^2$ фильтрующей поверхности для обеспечения ее паспортной степени очистки.

Обследование пылеулавливающих аппаратов, выпускаемых ЗАО “КОНСАР” позволило установить пределы изменения значений газовой нагрузки фильтров (Таблица 1). Средняя удельная газовая нагрузка находилась так:

$$q_{cp} = \frac{\sum Q_i}{\sum F_i}.$$

Таблица 1 – Значения газовой нагрузки фильтров, предназначенных для очистки воздуха от сухих сыпучих материалов (стружек, опилок, пыли с насыпной плотностью до $600 \text{ кг}/m^3$)

Тип аппарата	Производительность, Q , тыс. $m^3/ч$	Площадь фильтрации, F , m^2	Уд. газ. нагрузка, $m^3/(m^2 \cdot ч)$:	
			Диапазон q	Среднее q_{cp}
УВП-СЦ	32-105	282-956	113,5-109,8	109,7
УВП-СТ				
для опилок	16-137	149,3-1254	107,2-109,3	109,0
для пыли	10-84	149,3-1254	67	67
УВП-ПР				
для опилок	3,75-16,7	23,2-106	161-157,5	158,9
для пыли	3-14	23,2-106	129,3-132	131,6

В аппарате УВП-ПР использована фильтровальная ткань “Ланит К” (арт. 86033).

Фильтровальные ткани имеют сложную пористую структуру, состоящую из соединенных между собой пор и сложной сети каналов (капилляров) различной формы и размеров. Установить для всех фильтровальных материалов закономерность движения воздушного потока пока не удается. В связи с этим гидравлические характеристики фильтровального материала определяются экспериментальным путем. Испытания показывают, что в тканевых фильтрах расход воздуха с постоянной вязкостью прямо пропорционален перепаду давления и площади фильтрующего элемента.

Пропускная способность q единицы поверхности фильтра и соответственно расход Q фильтра могут быть выражены зависимостями, вытекающими из закона Пуазейля:

$$q = k \frac{\Delta p}{\mu},$$

$$Q = qS = k \frac{\Delta p S}{\mu},$$

где Δp – перепад давления на фильтре, Па;

μ – коэффициент динамической вязкости запыленного воздуха, $\mu = 1,84 \cdot 10^{-6}$ кг/(м·с) = 0,006624 кг/(м·ч);

$$k = \frac{q\mu}{\Delta p} \text{ – коэффициент пропорциональности в м}^3/\text{м}^2, \text{ представляющий собой}$$

удельную пропускную способность единицы площади поверхности фильтровального материала при перепаде давления 1 Па и вязкости жидкости 1 кг/(м·ч).

Отсюда найдем потерю давления в рукавном фильтре

$$\Delta p = \frac{\mu}{k} q.$$

Известно, что коэффициент k для поверхностных фильтров практически сохраняет постоянное значение в широком диапазоне расхода воздуха и перепада давления. Обозначим выражение $\mu/k = K$ и назовем его приведенным коэффициентом. Тогда формула для определения потери давления в рукавном фильтре примет вид

$$\Delta p = Kq.$$

Потеря давления в рукавном фильтре должна находиться в диапазоне 700...1500 Па.

Приведенный коэффициент представляет собой гидравлическое сопротивление 1 м^2 поверхности тканевого рукава при подаче в него воздуха с производительностью $1 \text{ м}^3/\text{ч}$. Гидравлическое сопротивление зависит от типа фильтровальной ткани и ее воздухопроницаемости q , $\text{м}^3 \cdot \text{ч}/\text{м}^2$.

Приняв потерю давления в фильтре $\Delta p = 1000$ Па для аппаратов, выпускаемых ОАО “Консар” получено, что в установках стационарных цеховых серии УВП-СЦ при использовании рукавов из ткани “Смог” величина приведенного коэффициента зависит от производительности установки по воздуху и может быть определена по формуле

$$K = 7 + 0,000027Q.$$

В установках серии УВП-СТ, предназначенных для фильтрации древесных опилок значение $K = 9,2$ Па·ч/м. Если установка УВП-СТ предназначена для сбора древесной пыли, то $K = 14,93$ Па·ч/м.

В установках серии УВП-ПР при сборе древесных опилок $K = 6,18$ Па·ч/м, а при сборе древесной пыли – $K = 7,73$ Па·ч/м.

В фильтрах серии БФ $K = 11,2$ Па·ч/м.

Надежность фильтра. Тканевые рукава – это наиболее изнашиваемые элементы фильтра, периодически требующие их замены. Заводы изготовители пылеулавливающих аппаратов гарантируют степень очистки воздуха 99,9%. Для фильтра поработавшего некоторое время, степень очистки воздуха будет ниже. Однако деревообрабатывающие предприятия не оснащены диагностическим оборудованием для контроля степени очистки воздуха. Проверять следует удельную газовую нагрузку рукавов и запыленность очищенного воздуха как для новых рукавов, так и для находящихся в эксплуатации.

Ткань фильтра в процессе работы изнашивается: истирается проникающим воздухом, истирается прилипшими древесными частицами, прокалывается иглообразными стружками, истирается налипшей “шубой” при регенерации фильтра встряхиванием или продувом, изнашивается при изменении влажности древесных частиц и температуры воздуха. По мере износа ткани фильтра сопротивление ее проникновению воздуха уменьшается, и ткань пропускает большее количество пыли.

Для определения состояния каждого тканевого рукава фильтра необходимы средства диагностики. В настоящее время состояние рукавов определяют визуально, когда рабочий в неудобных условиях пытается увидеть, какой из 200 рукавов пылит. Нормальное обследование состояния каждого рукава фильтра и их ремонт или замена возможны только в специализированных мастерских.

На рисунке 2 показан общий вид предлагаемого испытательного стенда. Стенд состоит из герметичной емкости 1 с выпускным клапаном 3 и воздухопроводом 11, соединенным с U-образным жидкостным манометром 12. Стенд снабжен ресивером 4 для сжатого воздуха, манометром 5, электромагнитным клапаном 7, соединенным с электросекундомером 6 и гибким шлангом 8 с резиновым наконечником на конце, а также набором резиновых пробок 9. В емкость 1 стенда может быть помещен на уплотнении 10 блок рукавов 2.

Стенд работает следующим образом. С блока, подлежащего испытанию, снимаются боковые стенки. Затем блок переворачивают вверх основанием и опускают в емкость 1 на прокладки 10, обеспечивающие герметизацию емкости. Клапан 3 закрывают, все входы в рукава закрывают пробками 9. В рукав №1 вставляют конец гибкого шланга 8. В ресивере 4 накапливают сжатый воздух с заданным давлением. Открывают электромагнитный клапан 7, одновременно включается электросекундомер 6. Сжатый воздух поступает в рукав № 1. Через стенки рукава воздух попадает в емкость 1 стенда, давление воздуха в ней возрастает. Через заданный промежуток времени электросекундомер закрывает электромагнитный клапан 7. В этот момент измеряют давление воздуха в емкости 1 манометром 12.

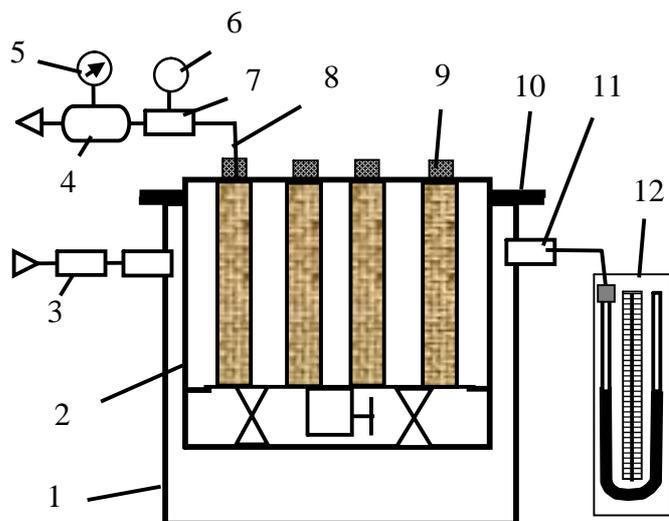


Рисунок 2 – Стенд для испытания фильтра

Если рукав сильно изношен, и его сопротивление небольшое, то к моменту измерения давление в емкости будет большое. Если рукав новый, не имеет дефектов, и его сопротивление большое, то к моменту измерения давление в емкости будет небольшим. Опытным путем следует установить предельное значение измеряемого давления. Если измеряемое давление в емкости ниже предельного, то испытываемый рукав следует считать работоспособным. Если измеряемое давление в емкости выше пре-

дельного, то испытываемый рукав следует считать изношенным, и его следует заменить новым.

Библиографический список

1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. Справочное пособие. – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.
2. Очистка воздуха от промышленных выбросов. Проектирование, изготовление, монтаж. – г. Саров.: ЗАО Консар. – 98 с.

Старжинский В.Н., Зинин А.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

THE MAINTENANCE PROBLEMS OF OCCUPATIONAL SAFETY IN TIMBER INDUSTRY

Обеспечение безопасности человека в его повседневной деятельности, в любых жизненных ситуациях является важнейшей основной частью успешного построения современного цивилизованного, социально ориентированного, экономически стабильного и процветающего общества.

При этом под термином "безопасность" понимается свойство системы "человек - машина - окружающая среда" сохранять при функционировании в заданных условиях такое состояние, при котором с некоторой вероятностью исключается возникновение происшествий [1].

В мире, особенно в последние годы, прослеживается процесс интенсивного проведения опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой - техногенные аварии и катастрофы. За последние полвека количество опасных природных катаклизмов возросло примерно в три раза, а ущербы от них - в десятки раз.

Следует заметить, что природные опасные процессы в значительной мере обусловлены деятельностью человека. Происходит деградация окружающей природной среды в результате уменьшения лесного покрова, выбросов в атмосферу, изменения естественных водных режимов, загрязнения водной среды и др.

Актуальность проблемы безопасности жизнедеятельности особенно возрастает на нынешнем этапе развития производительных сил, когда из-за трудно предсказуемых экологических и генетических последствий природных либо техногенных происшествий поставлено под сомнение само существование человека как вида. Проблема обеспечения безопасности деятельности человека становится все более острой; она является диалектическим следствием обострения противоречий между совершенством и сложностью современных средств производства и традиционными способами их использования, между гениальными озарениями человеческой мысли, заложенными в лучшие

научно-технические творения, и весьма низким уровнем бытового массового сознания (менталитетом).

Ущерб от аварийности и травматизма достигает 10-15% от валового национального продукта промышленно развитых государств, а экологическое загрязнение окружающей природной среда и несовершенная техника безопасности являются причиной преждевременной смерти 20-30% мужчин и 10-20% женщин. Надо полагать, что в последние годы эти показатели отнюдь не снизились, а скорее возросли, в особенности по причине распространения террористической деятельности.

Особенно остро обозначилась проблема безопасности человека в нашей стране. Еще в Советском Союзе при относительной стабильности промышленного производства в общественной жизни уровень безопасности жизнедеятельности и промышленной безопасности оставлял желать лучшего: отечественный уровень безопасности ведения производственных процессов был в 5-10 раз ниже зарубежного, пожарная безопасность судом морского флота почти в 10 раз ниже мирового уровня, безопасность воздушных перевозок - в 8 раз ниже аналогичных показателей ведущих капиталистических государств, безопасность автомобильного транспорта, оцениваемая величиной пробега на одно дорожно-транспортное происшествие, уступала зарубежному уровню примерно на два порядка или почти в пять раз в пересчете на один автомобиль [1].

К сожалению ситуация к лучшему не изменяется. Можно с уверенностью утверждать, что за годы перестройки и постперестроечных реформ положение с безопасностью жизнедеятельности и промышленной безопасностью в России и странах СНГ в лучшую сторону не изменилось.

Критического положения достигло состояние основных производственных фондов. В основном это оборудование, выпущенное около пятидесяти лет назад. Значительное число технологического оборудования выработало свой ресурс на 70-90%.

Несмотря на ряд мер, принятых в стране за последние годы, а также существенное (свыше 50%) падение уровня промышленного производства, снижение аварийности и травматизма в промышленности, особенно связанного с эксплуатацией опасных производственных объектов, не произошло. Аварийность и травматизм в промышленности и на транспорте остаются не только недопустимо высокими, но и все более приобретают групповые формы.

Таким образом, Россия, не успев стать цивилизованной постиндустриальной державой, ближе многих промышленных стран подошла к черте риска. И что особенно тревожно, население в значительной мере утрачивает способность к самосохранению, присущую любому живому существу, а общество постепенно привыкает к авариям, катастрофам и смертельным исходам, воспринимая их как вполне обыденные, повседневные явления.

Серьезную озабоченность вызывает состояние промышленной безопасности в стране. Анализ причин аварий и несчастных случаев со смертельным исходом свидетельствует, что подавляющее число обусловлено так называемым человеческим фактором, т.е. неправильными действиями персонала, ответственных и должностных лиц, нарушением технологических регламентов (около 80-85%), а также недостатками в правовом и нормативном регулировании безопасности (несовершенством нормативно-правовой и нормативно-технической документации или ее отсутствием). А ведь, по

данным Организации Объединенных Наций, каждые 8 нарушений правил эксплуатации приводят к несчастному случаю, каждые 228 - к смертельному исходу [1].

Деревообработка по объему производства, занятости в ней работающих - одна из самых востребованных отраслей промышленности.

В стране насчитывается более полмиллиона больших и малых деревообрабатывающих предприятий и цехов в других отраслях промышленности с количеством работающих более 3 млн. человек.

Лесопромышленное производство, включающее в себя лесозаготовки, деревообработку, изготовление мебели, плитных материалов, домостроение и т.д. имеет множество технологических процессов, где используется широкая гамма машин, оборудования и инструментов и сопровождается воздействием на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Поэтому знать эти факторы и уметь управлять ими - значит обеспечить безопасность жизнедеятельности работающих в условиях производства.

Следствием неудовлетворительного состояния условий и охраны труда на производстве является рост производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

В результате несчастных случаев в предприятиях лесопромышленного производства ежегодно гибнет и остаются инвалидами более 300 человек, наблюдаются такие профессиональные заболевания как вибрационная болезнь, заболевания опорно-двигательного аппарата и др.

Основными причинами повышенной аварийности и травматизма, а также преждевременного ухода из жизни людей в лесопромышленном производстве являются [2]:

1) низкий уровень технической готовности объектов к безопасной эксплуатации в связи с их значительным физическим и моральным старением;

2) неудовлетворительный уровень организации и функционирования систем эксплуатации, обслуживания и ремонта техники на предприятиях;

3) сниженная ответственность руководителей предприятий по обеспечению безопасного функционирования опасных производственных объектов;

4) недостаточная профессиональная квалификация, низкая ответственность и крайне низкая производственная дисциплина обслуживающего инженерно-технического персонала;

5) повсеместное нарушение правил личной безопасности граждан в быту и работе либо в силу низкой культуры и неосведомленности, либо в силу равнодушия и пренебрежения к выполнению каких-либо требований;

6) несовершенство технологий и средств противоаварийной защиты;

7) недостаточность автоматизации опасных операций, вынужденное нахождение человека-оператора в зонах действия опасных и вредных факторов;

8) недостаточная изученность опасных технологических процессов, характеристик безопасности веществ, применяемых в производстве, неполнота проектных решений, обеспечивающих безопасность;

9) загрязненность рабочего пространства, окружающей природной среды и продуктов потребления человека опасными и вредными веществами;

10) неэффективный надзор и контроль со стороны контрольно-надзорных служб и органов.

Исходя из выше сказанного, знание законодательных и нормативных актов в области охраны и гигиены труда, СНиПов, ГОСТов системы ССБТ, гигиенических норм и отраслевых правил по охране труда с целью обеспечения безопасности труда является актуальным и необходимым лесному инженеру.

Указанные знания крайне необходимы также при разработке и эксплуатации машин, оборудования и проектировании технологических процессов лесопромышленного производства.

Без знания СНиПов, ГОСТов, ССБТ, гигиенических норм на технологические процессы, оборудование, машины и механизмы, а также без знания санитарных, пожарных и экологических характеристик, применяемого сырья и материалов невозможно организовать безопасные и безвредные условия труда, исключить возникновение пожаров, взрывов и загрязнения окружающей среды обитания.

Библиографический список

1. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности / П.Г. Белов. М.: "Безопасность", МИБ СТС, 1996. 424 с.
2. Никитин К.Д. Безопасность жизнедеятельности и общество риска / К.Д. Никитин // Вестник МАНЭБ. 2005. т. 10 № 4. СПб - Красноярск, 2005. с. 133-147.

Чумарный Г. В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

TO THE QUESTION OF THE LABOUR SAFETY MAINTENANCE ON THE TREE-PROCESSING ENTERPRISE

С развитием техносферы проблема обеспечения безопасных условий труда персонала приобретает новые черты, многоаспектность, но не теряет своей актуальности. Для предприятий деревообработки наиболее остро стоят следующие проблемы охраны труда (ОТ): изучение технологических процессов, оборудования, сырья и продуктов производства на предмет снижения опасных воздействий на работающих; совершенствование методов расчета систем вентиляции; изучение процессов генерации шумов и вибраций и разработка мероприятий по борьбе с ними; разработка средств индивидуальной защиты (СИЗ); изучение профессиональной заболеваемости и травматизма для определения путей по их уменьшению; разработка методик статистической обработки информации по травматизму и заболеваемости; разработка методов комплексной оценки безопасности производственного процесса и оборудования; разработка новых форм обучения ОТ. Крайне важной является экономическая оценка эффективности мероприятий по ОТ.

Как видно из вышеизложенного, реализация безопасной производственной среды на конкретном предприятии требует комплексного и системного подхода для оценки условий труда, для разработки наиболее эффективных мероприятий.

Так как воздействие производственных (трудовых) факторов носит комплексный характер, то при количественной оценке санитарно-гигиенических условий труда имеет смысл вводить и комплексные показатели: а) дифференциальные, относящиеся к отдельным факторам, проявляющимся на конкретном рабочем месте; б) дифференциальные, относящиеся к отдельным факторам, с учетом влияния их на весь объект (цех, предприятие); в) интегральные, для отдельного рабочего места; г) интегральные, для совокупности рабочих мест. [1]

Определение дифференциальных показателей F для физических факторов таких как температура, относительная влажность, подвижность, запыленность, загазованность воздуха и освещенность не представляет труда и основывается на сравнении фактического значения f соответствующей величины с ее нормируемым значением d . Дифференциальный показатель:

$$F = \frac{|f - d|}{d}$$

(если фактическое значение параметра отклоняется от нормы в положительную сторону, то абсолютное отклонение принимают равным нулю: $|f - d| = 0$).

Если производственный фактор действует в течение не всего времени смены, а только его части $\tau_{ч.см}$:

$$F' = \frac{|f - d|}{d} \cdot \tau_{ч.см}$$

где $\tau_{ч.см} = \tau_{ф} / \tau$, $\tau_{ф}$ - время воздействия фактора, τ - продолжительность смены.

Для определения интегрального показателя (отдельное рабочее место) используется следующее соотношение:

$$I = \sum F'_i = \sum \frac{|f_i - d_i|}{d_i} \cdot \tau_{ч.см i}$$

Аналогично вводятся дифференциальный и интегральный показатели группы лиц, подвергающихся воздействию одного производственного фактора и их совокупности:

$$F' = \sum \frac{|f - d|}{d} \cdot \tau_{ч.см} \frac{n}{N} \quad \bar{I} = \frac{\sum I_k}{n}$$

(где n - число лиц из N подверженных действию фактора f).

Принцип оценки: чем меньше интегральный показатель, тем лучше условия труда на данном рабочем месте.

Очевидно, что использование данной методики хорошо подходит только для тех факторов, которые поддаются непосредственному инструментальному исследованию или достаточно адекватной квантификации. Задача значительно усложняется при рассмотрении таких составляющих ОТ, как, например, предупреждение производственно-го травматизма и экономическая эффективность мероприятий ОТ.

Формально, на любом предприятии, в том числе деревообрабатывающем, должна функционировать система управления охраной труда (СУОТ). Эффективность её деятельности в конечном счёте и определяет безопасность труда на предприятии.

Структурная схема управления охраной труда включает в себя деятельность структурных подразделений и служб по обеспечению безопасных и здоровых условий труда как объект управления, задачи управления, функции управления, информационные и материальные потоки, органы управления охраной труда. [2]

Прослеживается аналогия между структурой СУОТ и структурами систем автоматического управления (САУ). Для последних широко применяется теория на основе принципов кибернетики и электроники, в основе которой лежит рассмотрение процессов в системе "регулятор – объект управления". Принципы САУ, разработанные для управления техническими устройствами с минимальным участием человека, как нельзя лучше соответствуют современной промышленности, прежде всего базовый принцип IPDI (Increase of Precision with Decrease of Intelligence) [3].

САУ нового поколения являются самообучающимися, самонастраивающимися системами с гибкими процедурами принятия решений (так называемое нечёткое управление), получающие информацию и формирующие новые информационные связи в процессе функционирования. Говорят об ИСУ (Интеллектуальная Система Управления) и ее разновидности ЭС (Экспертная Система), в функции которой входят: экспертная оценка ситуации, синтез совокупности устройств, с помощью которых производится управление интересующими параметрами, выбор управляющих воздействий и т.д.

Один из подходов к построению СУОТ, обладающей свойствами экспертной системы – это определение математической модели, позволяющей: 1) сопоставить некоторые величины (в общем случае зависящие от времени) реальным производственным ситуациям; 2) прогнозировать ситуацию; 3) определять пути предотвращения нежелательных ситуаций (исходов).

Построение СУОТ, в идеале не зависящей от человеческого фактора, имеющей возможность оптимально перестраивать свою структуру и функции управления в зависимости от изменений производственных факторов, позволит обеспечить безопасность работающих на деревообрабатывающих предприятиях соответственно уровню развития современной науки и техники.

Библиографический список

1. Русак О.Н. Проблемы охраны труда в деревообрабатывающей промышленности. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1975. – 240 с.
2. Обливин В.Н., Никитин Л.И., Гренц Н.В. Охрана труда на деревообрабатывающих предприятиях / Учеб.пособие. – М.: Академия, 2005. – 256 с.
3. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления/ Учебник для вузов. – СПб.: Политехника, 2005. – 302 с.

Проблемы профессионального образования и инжиниринга в деревообработке

Глебов И.Т., Кузнецов А.И., Щепочкин С.В.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ОСНОВОПОЛОЖНИКИ НАУКИ О РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

FOUNDERS OF A SCIENCE ABOUT WOOD CUTTING

И.А. Тиме. Основоположником науки о резании древесины считается русский ученый Иван Августович Тиме [1] профессор Петербургского горного института, опубликовавший в 1870 г. исследовательскую работу “Сопротивление металла и дерева резанию”, выполненную на Луганском заводе. В этой книге изложены результаты опытов по срезанию стружек и теория процесса резания. И.А. Тиме впервые дает определение процесса резания, приводит классификацию стружек, объясняет явление усадки стружки (изменение размера в результате пластического деформирования), доказывает, что толщина и ширина срезаемого слоя по-разному влияет на работу резания. На основании экспериментальных исследований установлена зависимость между силой резания и размерами срезаемого слоя, показана периодичность процесса стружкообразования и “угол действия” при отделении элемента стружки. Им учитывалось волокнистое строение древесины и предложено рассматривать торцовое, продольное и поперечное резание.

Для расчета силы резания F_x им была предложена формула

$$F_x = Kba,$$

где K – удельная работа резания, Дж/см³; b , a – ширина и толщина срезаемой стружки, мм.

Сначала И.А. Тиме считал, что для данного обрабатываемого материала значение K постоянно, и сила резания изменяется по величине пропорционально значениям ширины и толщины стружки. Позднее в сочинении “Основы машиностроения” он пересмотрел свои взгляды. Найдя массу стружек, приходящуюся на единицу работы, он делает вывод, что для образования мелких стружек расходуется больше работы, нежели для образования крупных стружек. Удельная работа резания должна уменьшаться с увеличением толщины стружки. При этом толщина и ширина срезаемого слоя влияют на силу резания по-разному.

Таким образом, И.А. Тиме первым из исследователей пришел к правильному выводу, что ширина и толщина срезаемого слоя оказывают разное влияние на силу резания.

И.А. Тиме изучал процесс резания при малой скорости резания, наблюдал за процессом невооруженным глазом, измерял силу резания навешиванием грузов на плечо рычага.

И.А. Тиме (1838, Златоуст – 1920, Петроград) – выдающийся деятель отечественной горной науки, один из основоположников русской школы машиностроителей, создатель горнозаводской механики, профессор (с 1870).



И.А. Тиме



И.А. Тиме

И.А. Тиме в Златоусте учился музыке, любил игру на скрипке. В 1851 г. поступил во второй класс Института корпуса горных инженеров, по окончании которого работал на золотых приисках Германии, Австрии, Бельгии, Франции, Англии. В 1859 – 66 г.г. работал на заводах Урала, а в 1866—70 на заводах Донбасса. В 1866 г. строил Лисичанский металлургический завод в Донбассе. Выполняя поручения Горного департамента, изучал вопрос об использовании водной энергии в русской горной промышленности Урала и Олонецкого края, в 1898 г. обследовал водопады Кивач, Порт-Порог, Гирвас, Сунский в Карелии. Опубликовал более 600 научных трудов, оставивших глубокий след в отечественной науке и технике. Основоположник горнозаводской механики как науки. И.А. Тиме разработал ее курсы, а также курсы гидравлики, паровых машин и котлов, признанные в свое время классическими. Установил приоритет России в создании теории резания металлов и дерева. Самые известные его книги: “Горнозаводская механика” (1879), “Практический курс паровых машин” в 2 томах (1886—1887), “Курс гидравлики” в 2 томах (1892—1894), “Основы машиностроения” (т. 1—2, 1883—85).

Работы “Сопротивление металлов и дерева резанью” (1870), “Мемуар о строгаании металлов” (1877) и “Образование стружек при пластичных материалах” (1884) сыграли важную роль в создании теории резания металлов и дерева.

П.А. Афанасьев. В 1886 г. Выходит книга П.А Афанасьева “Курс механической технологии дерева”, в которой при анализе процесса стружкообразования использованы методы науки сопротивления материалов. В книге уточняется форма эпюры давлений стружки на резец. П.А. Афанасьев впервые указывает на роль трения в процессе резания.

В отличие от И.А. Тиме П.А. Афанасьев считал, что давление обрабатываемого материала на переднюю поверхность распределено неравномерно, и что наибольшее давление имеет место у режущей кромки, а в точке входа в древесину оно равно нулю.

Давление от нуля до максимума изменяется по линейной зависимости, поэтому эпюра нормальных давлений имеет форму треугольника (рис. б).

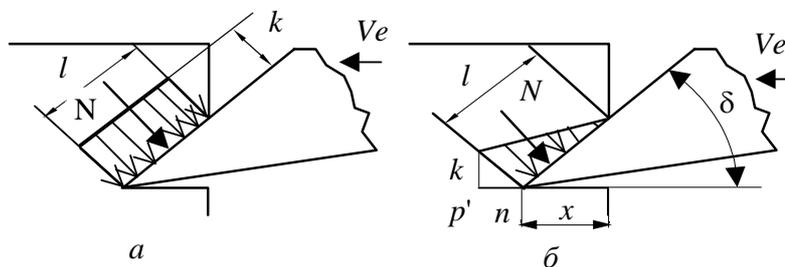


Рисунок – Эпюры нормальных давлений материала на переднюю поверхность лезвия: *a* – по И.А. Тиме; *б* – по П.А. Афанасьеву

К.А. Зворыкин. Заметное место в науке о резании древесины занимают работы К.А. Зворыкина, особенно книги “Работа и усилие для отделения металлических стружек” и “Курс механической технологии дерева” (1894 г.)



К.А. Зворыкин

В своих работах К.А. Зворыкин делает попытку выяснить влияние площади сечения стружки на усилие резания при постоянной толщине и переменной ширине стружки. Результаты опытов показали, что работа резания пропорциональна объему снятых стружек, следовательно, сила резания изменяется пропорционально ширине стружки. Совсем другие результаты получились, когда сечение стружки изменялось только за счет толщины ее. Работа резания изменялась непропорционально толщине стружки. К.А. Зворыкин отмечает, удельная работа резания “не есть величина постоянная, а, напротив, переменная и уменьшается с увеличением толщины стружки”.

К.А. Зворыкиным проведено 230 экспериментов, на основании которых получена эмпирическая зависимость для определения удельной работы резания

$$K = K^* / a^{0,33},$$

где K^* – постоянный коэффициент.

Так, К.А. Зворыкин первым из исследователей экспериментально доказал, что удельная работа резания убывает с увеличением толщины стружки, подтвердив таким образом правильность взглядов И.А. Тиме.

Я.Г. Усачев. Точность исследования процесса резания зависит от уровня средств измерения. Значительное развитие методов и средств измерения получило в работе Якова Григорьевича Усачева “Явления, происходящие при резании металлов”. Он изучал процесс резания металлов при промышленных скоростях, фотографируя обработанные поверхности и поверхность стружки через микроскоп. Силу резания изме-

рля сконструированным им механическим динамометром. Для определения температуры поверхности резца использовал термопару. При этом для измерения количества тепла в срезанной стружке он использовал калориметр, в который сбрасывал стружку сразу после ее отделения.



Я.Г. Усачёв

В 1912 г. Я.Г. Усачев создал динамометр оригинальной конструкции, при помощи которого многие ученые проводили исследования металлов. Ему принадлежит также приоритет в создании термопары для измерения температуры рабочей части резца и изучения тепловых явлений в процессе резания металлов.

За вклад в развитие советской науки и техники в 1936 г. Я.Г. Усачев был награжден орденом Ленина. До самой смерти продолжал трудиться в одном из НИИ Ленинграда.



А.Н. Челюскин

Я.Г. Усачев (1873 - 1941) - физик, специалист в области резания металлов. Родился в с. Никольском Курского района в крестьянской семье. Получил трёхклассное образование в церковноприходской школе, затем учился у кустаря-ремесленника. Самостоятельно изучил высшую математику, физику, прикладную механику и металловедение.

Известный в Курске профессор В. В. Скобельцын помог Я.Г. Усачеву устроиться механиком в Высшее горное училище Екатеринослава, а в 1902 - мастером в руководимую им физическую лабораторию Петербургского политехнического института.

А.Н. Челюскин. В 1925 г. выходит в свет работа А.Н. Челюскина "Влияние размеров стружки на усилие резания металлов", которая, по словам автора, является "результатом критической обработки главнейших сочинений, относящихся к вопросу резания металлов на станках, а также собственных изысканий и опытов автора в этой области". А.Н. Челюскин цифрами и графиками подтвердил неодинаковое влияние ширины и толщины срезаемого слоя на силу резания.

М.А. Дешевой. Михаил Александрович Дешевой в работе "Механическая технология дерева" (1934 г.) [4] изложил оригинальную, глубоко разработанную и мето-

лично построенную научную теорию резания древесины. Как и И.А. Тиме, он, применяя методы механики в анализе процесса стружкообразования при резании, установил связи между сопротивлением древесины резанию и показателями ее механических свойств. Были разработаны более совершенные методы расчета мощности и производительности деревообрабатывающих машин.



М.А. Дешевой

Анализируя исследования И.А. Тиме проф. М.А. Дешевой пришел к выводу, что сила резания равна сумме двух сил: одной, затрачиваемой на срезание материала режущей кромкой, и другой – на сжатие его в стружке. При этом первая составляющая силы резания не зависит от толщины стружки. Это важнейший вывод, используемый в работах всех последующих ученых.

В тридцатых годах выполняются первые исследовательские работы А.Э. Грубе, А.Л. Бершадского, С.А. Воскресенского, Ф.М. Манжоса, Е.Г. Ивановского. Научными трудами этих ученых мы широко пользуемся в настоящее время.

С.А. Воскресенский, доктор техн. наук, профессор. В работах Сергея Александровича Воскресенского развиваются идеи М.А. Дешевого в применении методов механики в анализе процессов резания. Большое внимание при этом уделяется выявлению эпюры нормальных давлений в зоне резания и определению силы резания. Одной из главных черт теории С.А. Воскресенского является расчленение силы резания на составные части. Приступая к анализу отдельных частей, С.А. Воскресенский отмечал, что между процессами, происходящими по отдельным зонам, существует тесная неразрывная связь. Однако при синтезе сила резания представляется им как сумма трех сил [5, 6]: силы надрезания $F_{хн}$, силы деформации стружки $F_{хд}$ и силы резания по задней грани $F_{хз}$.

В этой сумме сил остается неясной функция отдельных составных частей в целом процессе резания, так как они изолированы друг от друга и не взаимосвязаны между собой. Это послужило поводом для критики теории С.А. Воскресенского другими учеными. А.Л. Бершадский замечает по этому поводу, что условность разделения резца и его работы на самостоятельно выделенные слагаемые, допустимая для общих предварительных рассуждений, совершенно не допустима для распространения ее на расчетную практическую формулу. Процесс резания неделим. В нем нет границ раздела между отдельными процессами. Наоборот, один процесс действует на другой, связь между процессами интегральная, а не арифметическая. Следовательно, изолированные независимые слагаемые не отражают реальную сущность процесса резания.

Анализируя книгу С.А. Воскресенского по резанию древесины, Е.Г. Ивановский писал [7], что применение только одного механико-математического метода сдерживает развитие науки о резании. Резание древесины есть одно из самых сложных фи-

зических явлений. Именно так надо подходить к его изучению. Такое понимание метода исследования не предполагает открытия новых физических законов, но требует выявления характера действия известных законов при резании. Начала механики материалов помогают выявить ряд закономерностей резания, но не все, и поэтому нельзя ограничиваться только ими.

А.Л. Бершадский, доктор техн. наук, профессор. Александр Львович Бершадский – основоположник физико-технологического метода изучения процесса резания древесины. На протяжении всей своей жизни он непрерывно совершенствовал метод расчета режимов резания. Для определения величины удельной работы резания K он воспользовался формулой К.А. Зворыкина, записав ее так:

$$K = K^0/a^m,$$

где m – коэффициент, характеризующий степень роста K .

С 1940 г. эта формула прочно вошла в методику расчета, она оказалась удобной и дала ответы на запросы практики.

Однако такой метод не позволяет определить другие составляющие силы резания, например радиальную силу резания.

В 60-х годах, опираясь на результаты исследования древесины в замкнутом пространстве и допуская, что деформирование срезаемого слоя передней гранью лезвия происходит в области постоянных давлений, А.Л. Бершадский устанавливает взаимосвязь касательной силы резания с толщиной среза при ширине среза 1 мм. Рождается общий закон резания древесины, который стал базой современного физико-технологического метода расчета режимов резания.

А.Л. Бершадским выполнено много научных трудов. Основные из них – “Резание древесины” (1956 г. и 1975 г. в соавторстве с Н.И. Цветковой), “Справочник по расчету режимов резания древесины” (1962 г.), “Расчет режимов резания древесины” (1967 г.). Опираясь на результаты экспериментов и понимание физической природы процесса резания, А.Л. Бершадский создал и постоянно уточнял расчетный метод. Этот метод получил широкое распространение в инженерной практике.



А.Л. Бершадский

А.Л. Бершадский руководил факультетом механической технологии древесины Архангельского лесотехнического института (1934-1941 г.г.), заведовал кафедрой механической технологии древесины Белорусского лесотехнического института (1946-1959 г.г.), работал на кафедре станков и инструментов Московского лесотехнического института.

А.Э. Грубе, доктор техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1907 - 1974). Александр Эдуардович Грубе – крупнейший специалист в области деревообработки и, прежде всего, в области дереворежущего инструмента. Возглавляя кафедру станков и инструментов Ленинградской лесотехнической академии, А.Э. Грубе выполнял научно-исследовательские работы по пиленю круглыми пилами, по проблемам дереворежущего инструмента, по выводу эмпирических расчетных формул для управления режимами обработки древесины на станках.



А.Э. Грубе



Основные научные труды А.Э. Грубе – “Станки и инструменты” (1949 г.), “Дереворежущие инструменты” (1958 г.), “Дереворежущие инструменты с поастинками из твердого сплава” (1963 г.).

Ф.М. Манжос, доктор техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Федор Матвеевич Манжос – человека широкого кругозора. С 1944 г. с момента образования кафедры станков и инструментов Московского лесотехнического института заведовал ею. Только в последние годы жизни переехал жить в г. Киев и работал заместителем директора по научной работе УкрНИИМОД.

Самой близкой темой научных исследований Ф.М. Манжоса была тема фрезерования древесины и древесных материалов. По этой теме он защитил диссертацию кандидата технических наук. Диссертацию доктора технических наук в 1952 г. он защитил по основным вопросам точности механической обработки древесины. Основные труды Ф.М. Манжоса – “Фрезерные станки и их эксплуатация” (1940 г.), “Резание древесины. Энциклопедический справочник” (1949), “Точность механической обработки древесины” (1959 г.), “Дереворежущие станки” (1963 г. и 1974 г.).

Е.Г. Ивановский. Евгений Григорьевич Ивановский, профессор кафедры станков и инструментов Ленинградской лесотехнической академии разработал физическую теорию резания древесины, изложенную в книге “Резание древесины” (1975 г.).

С физической точки зрения резание есть совокупность процессов образования новых поверхностей, деформирования и трения в системе резец – заготовка. Этим процессам в книге уделено много внимания. Приведены сведения о механизме и количественной оценке преобразования механической энергии в тепловую, электрическую, о приращении энергии молекул; о методах и средствах измерения механических и физических величин, характеризующих энергетику и качество поверхностей резания. Аналитически получено важное условие организации установившегося процесса резания. Для его совершенствования предложено в зону резания вводить дополнительную энергию, препятствующую переходу потенциальной энергии сжатой древесины в кинетическую. Этот прием позволяет организовать установившийся процесс резания при высоких скоростях резания и получить качественную поверхность обработки.

В заключение отметим, что резание древесины – сложный процесс. Его сложность обусловила появление разных направлений в развитии теории резания этого материала.

В итоге научных дискуссий по теории резания древесины, состоявшихся в Ленинграде (1952 г.) и в Москве (1953 г.), было установлено, что уже в то время наука о резании древесины развивалась по трем направлениям.

Первое направление применяет метод механико-математического анализа процесса резания. Это школа И.А. Тиме, М.А. Дешевого, С.А. Воскресенского. Ученые этой школы переносят методы науки о сопротивлении материалов на анализ действия сил и поведения стружки в процессе резания древесины.

Второе направление развивает физическую теорию резания древесины. Процесс резания рассматривается как физический. Изучаются, прежде всего, процессы упругого и остаточного деформирования древесины, трения на молекулярном уровне, влияние на эти процессы скорости резания. Это направление представлено школой В.Д. Кузнецова и Е.Г. Ивановского.

Третье направление использует физико-технологический метод, математически обобщающий экспериментальные данные процессов резания в эмпирические формулы, пригодные для практических расчетов. Формулы объединяют физические и технологические параметры. Это школа А.Л. Бершадского.

Между указанными тремя теориями резания нельзя провести четких границ. Они части одной теории, дополняющие и обогащающие друг друга, объединенные единством цели.

Таким образом, научные труды основоположника науки о резании древесины И.А. Тиме дали возможность целой плеяде русских ученых (П.А. Афанасьеву, К.А. Зворыкину, А.Н. Челюскину, Я.Г. Усачеву, М.А. Дешевому, А.Л. Бершадскому, А.Э. Грубе, Ф.М. Манжосу, С.А. Воскресенскому, Е.Г. Ивановскому и многим другим) создать отечественную российскую школу обработки древесины резанием. Эта школа занимает сейчас ведущее место в мире.

Библиографический список

1. Панченко К.П. Русские ученые – основоположники науки резания металлов. Жизнь, деятельность и избранные труды И.А. Тиме, К.А. Зворыкина, Я.Г. Усачева, А.Н. Челюскина. – М., 1952. – 220 с.

2. Шухардин С. В., Иван Августович Тиме (1838—1920), М.— Л., 1951.
3. Усачев Я.Г. Явления, происходящие при резании металлов. – “Вестник инженеров”. Т. II, 1916, №1-2.
4. Дешевой М.А. Механическая технология дерева. – Л.: Гостехиздат, 1934-1939. – Т. I-III.
5. Воскресенский С.А. О разграничении силы среза и давления на стружку: Сб. науч.-исслед. Работ. – Архангельск, ЦНИИМОД, 1940.
6. Воскресенский С.А. Резание древесины. – М.: Гослесбумиздат, 1955.– 250 с.
7. Ивановский Е.Г. Книга о резании древесины//Деревообрабатывающая промышленность. – 1956. – №5. – С. 28.

Карапетян М.А., Раевская Л.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ТВОРЧЕСТВА СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

THE STUDENT PROFESSIONAL CREATION DEVELOPMENT IN THE COURSES OF SPECIAL SUBJECTS

В соответствии с государственным стандартом высшего профессионального образования для направления 270200 «Транспортное строительство» инженер путей сообщений при решении профессиональных задач, кроме всего прочего, способствует развитию творческой инициативы, рационализации, изобретательства. Отсюда следует одна из важнейших задач высшей школы – развитие профессионального творчества студентов в процессе обучения. Решение этой задачи невозможно без творческого подхода к изложению материала дисциплин самими преподавателями. Использование в учебном процессе творчества помогает решать задачи, поставленные и перед преподавателями, и перед студентами.

Кафедрой сопротивления материалов и теоретической механики (СМ и ТМ) УГЛТУ проводятся занятия по восьми дисциплинам – естественнонаучным, общепрофессиональным, специальным. В настоящей работе нам хотелось бы поделиться опытом творческого подхода при изучении таких специальных дисциплин, как «Основы архитектуры и строительные конструкции» (ОА и СК).

В дисциплине ОА и СК стандартом предусмотрено изучение основ и приемов архитектурной композиции, объемно-планировочных, композиционных и конструктивных решений зданий, комплексов, что в дальнейшем используется студентами при выполнении курсовой работы на III курсе лесоинженерного факультета специальности «Автомобильные дороги и аэродромы».

Тема курсовой работы – «Тепловой расчет ограждающих конструкций промышленных одноэтажных отапливаемых зданий». Для выполнения работы каждому студенту выдается задание, содержащее типовой проект предприятий, зданий и сооружений, с планом на отметке 0,000 и экспликацией помещений с указанием их площадей. При выполнении задания студенты делают расчет толщины несущих стен и перекрытий

здания, подобрав строительный материал с учетом географического района, грунтовых условий и санитарных норм. Расчет с пояснительной запиской занимает объем 25-35 страниц формата А-4. Графическая часть курсовой работы выполняется на 2 листах формата А-1, где отдельно показан архитектурно-конструктивный узел стыка стены и перекрытия с рассчитанными толщинами из подобранных строительных материалов из СНиП II-3-79 ** «Строительная теплотехника».

Опыт последних лет показал, что данную курсовую работу вовремя сдают 40-45% обучающихся. Такое нарушение графика сдачи контрольных мероприятий и отсутствие интереса вызывает беспокойство. Интерес – основное условие порождающее у студентов желание заниматься данным видом деятельности, т.е. учебной, развивающее у будущих инженеров профессиональные специальные знания, умения. «Сам по себе интерес не возникает на пустом месте, а появляется и развивается в процессе активных занятий соответствующим видом деятельности» [1].

Нами было решено предпринять шаги к поиску приемов по усилению мотивации, заинтересованности у студентов. Для этого нами были установлены творческие связи с кафедрами «Конструкции и сооружения», «Архитектурное проектирование», «Градостроительство» Уральской государственной архитектурно-художественной академии. Нами посещались занятия в академии, проводились обсуждения по обмену опытом с ведущими специалистами. Было решено использовать опыт УГАХА по изготовлению макетов промышленных, гражданских и других инженерных сооружений, вписанных в ландшафт, промышленных, гражданских и других инженерных сооружений.

На основании проделанной работы студентам, выполняющим курсовую работу, было предложено дополнительно создать схематичные макеты зданий, сооружений из любых материалов, выбранных самостоятельно, привязав их к автомобильной дороге. Цель этого предложения – повысить мотивацию и интерес к учебе. Студенты с удовольствием поддержали это предложение. Примеры выполненных макетов предлагаем на рисунке.



Рисунок – Макеты зданий в ландшафте

Результаты:

1. Студенты, несмотря на такой незамысловатый прием, оказались более мотивированными на достижение успеха, чем раньше. Это сразу сказалось на сроках сдачи курсовых работ: 85-90% курсовых работ были защищены вовремя.

2. У студентов появилось желание, во что бы то ни стало добиться успеха, превзойти своих одноклассников, получить одобрение, похвалу, добиться результатов, т. е. отличной оценки, что говорит о повышении мотивации.

3. Посещаемость лекций, практических занятий, консультаций заметно возросла.

Выводы:

1. Считаю необходимым, продолжить работу по развитию наглядно- образного мышления студентов.

2. Убеждены, что задачи творческого характера и достаточно высокого уровня трудности эмоционально и интеллектуально привлекают студентов гораздо больше, чем простые и рутинные задачи. Творчество повышает самооценку студента, в большей степени удовлетворяет социальные потребности.

Библиографический список

1. Немов Р.С. Практическая психология: Учеб. пособие.- М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1997.- 320 с. : илл.

Пушкарева О.Б., Новоселов В.Г. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

us_lmf@mail.ru

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ, НАЧИНАЯ С ДРЕВНИХ ВРЕМЕН ДО НАСТОЯЩЕГО ВРЕМЕНИ

THE HISTORY OF A WOOD PROCESSING DEVELOPMENT SINCE ANCIENT TIMES TILL NOW

Древесина – один из древнейших, известных человечеству строительных материалов, который всегда был и останется популярным в отделке интерьера. В наши дни можно найти достаточно хорошо сохранившиеся окна, возраст которых превысил 100 лет и более. Главные преимущества древесины – экологичность, долговечность, широкие возможности обработки и применения. Но это ее практические качества, а для большинства людей особенно привлекательны естественная красота древесины, разнообразие ее текстуры, тонов и оттенков, прекрасные возможности сочетания с другими элементами интерьера. Это и позволяет называть дерево элитным материалом. Однако степень элитности дерева и продукции из него во многом зависит от породы древесины и метода ее обработки.

Особенности деревообработки – в ее многовековых традициях, постоянной ориентации на конкретные потребности человека, эволюционном развитии приемов труда,

поступательном обновлении и расширении перечня продукции, прогрессирующем увеличении товарности производства. Объемное разнообразие массовых видов продукции деревообработки увеличивается. К концу XIX века она уже характеризовалась 20 – 30 кратным увеличением: появилось индустриальное лесопиление, получили развитие машинная (механическая) обработка древесины и фабричное производство мебели. В XX веке товарность увеличилась более чем в 100 раз. Это произошло на основе механизации и автоматизации производства традиционной продукции (мебели, окон, дверей, паркета и т.п.), промышленного изготовления древесных плит. Такой стремительный рост товарности еще раз подтверждает мнение многих специалистов: «золотой» век древесины не столько в прошлом, сколько в будущем. Ведь изделия из древесины и древесных материалов и полуфабрикаты (пиломатериалы, фанера, плитные материалы) будут постоянно необходимы любому обществу и человеку.

1. История возникновения деревообрабатывающего инструмента

Деревообработка в начале своего развития долгое время была областью кустарных промыслов с применением почти исключительно ручного труда.

Первым видом механической обработки древесины было лесопиление, появившееся в Голландии в XI веке. Бревна пилились на так называемых пильных мельницах, которые представляли собой примитивную лесопильную раму, приводившуюся в движение от ветряной мельницы. Позднее начал внедряться привод лесопильных рам от водяных колес (водяные пильные мельницы).

В России первая пильная водяная мельница была построена Бажениным в 1690 г. около Архангельска, а в 1696 г. там же появилась первая ветряная пильная мельница. При Петре I было построено 30-40 таких мельниц. До появления пильных мельниц в России доски и брусья вытесывались из бревен топором.

Значительное развитие механическое лесопиление получило с начала XIX века в результате внедрения в лесопильную промышленность паровых двигателей и совершенствования лесопильных станков.

В первой половине XIX века были изобретены лущильный и горизонтально-строгальный станки. Это дало возможность получать тонкие слои древесины путем лущения и строгания. Первый фанерный завод был построен в г. Ревеле в 1887 г.

1.1. Деревообрабатывающий инструмент в III тыс. до н.э.

При исследовании погребального инвентаря Царского некрополя Ура [1] была найдена специфическая группа орудий в могилах лиц наиболее высокого социального ранга - царей и членов царской семьи - среди массы роскошного оружия, украшений, драгоценных сосудов и пр. В состав инвентаря погребения, принадлежавшего ребенку и известного в научной литературе как «погребение принцессы», входит парадное оружие, среди прочего - золотой кинжал и копье из электра (сплава золота и серебра), медно-бронзовый втульчатый топор. Но, кроме того, имеется целый набор плотницких орудий, также изготовленных из ценных материалов. Это золотое втульчатое тесло, два золотых долота и одно бронзовое, а также бронзовая пила. В могиле царицы Шубад/Пу-зби также представлен обширный набор плотницких инструментов. Это несколько бронзовых пил и одна золотая, пять золотых долот, относящихся к двум разным типам, бронзовые сверло и втульчатое тесло. В захоронении царя Мескаламдуга также наряду с оружием из золота и электра (кинжал, втульчатые топоры) найдена бронзовая пила (рис. 1).

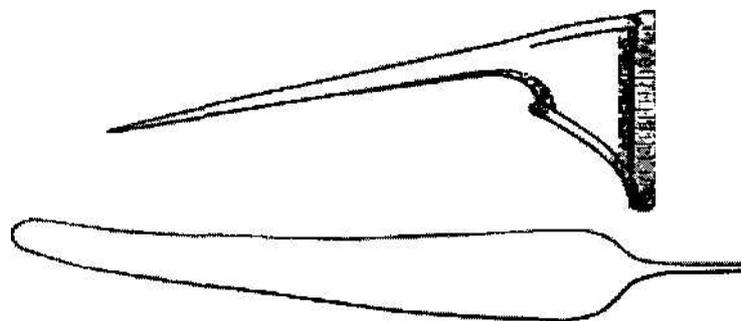


Рисунок 1 – Золотые плотницкие орудия из Царского некрополя Ура

В нецарских погребениях Ура иногда встречаются медно-бронзовые долота, тесла плоские и втульчатые, но в этих случаях речь не идет о наборах инструментов, тем более изготовленных из драгоценного металла. Сочетание драгоценных царских регалий с плотницким инструментарием наблюдается не только в Месопотамии эпохи бронзы: в «кладе Приама» из слоев Трои II-III наряду с двумя золотым диадемами, драгоценными украшениями и сосудами присутствует бронзовая пила. При возникновении городов и формировании государств в древней Месопотамии [2] ключевую роль играли храмы, т.к. они были центрами отправления культа местного божества, важнейшими элементами городов как административных и хозяйственных центров. В соответствии с древней шумерской исторической традицией, создание храмов предшествовало образованию городов (История древнего Востока, 1983, с. 110-111). Именно храмы вели учет и контроль сельскохозяйственного и ремесленного производства, здесь происходило накопление и перераспределение продуктов с целью обмена. Они были центрами обучения грамоте, их архивы служили хранилищами разнообразных знаний, они же были и потребителями привозных строительных и поделочных материалов. В бедную ресурсами Южную Месопотамию строительный и поделочный камень, металлы, дерево - все доставлялось в обмен на сельскохозяйственную продукцию. В связи с храмовым строительством возникает постоянная потребность в зодчих, строителях, специалистах по обработке камня, дерева и металлов. Ранние тексты III тыс. до н.э., относящиеся к правлению Гудеа и Ур-Нанше указывают на горы Ливана, Амана и г. Хеврон как источники древесины, в более поздних источниках упоминаются также горные районы восточного Тавра и Зэгра. Среди изобразительных материалов эпохи Ассирийского царства (железный век) [3] имеются сцены доставки бревен на телегах, а также по воде, на лодках; иногда бревна изображались привязанными к лодке канатом. Известны сведения о породах дерева, ввозившегося в Месопотамию, и деталях построек, на сооружение которых оно употреблялось: перекрытия, связи стен, колонны, двери, внутреннее убранство. Наибольшей популярностью в строительном деле пользовались такие породы, как можжевельник, кедр, сосна, кипарис, использовалась древесина дуба, пальмы, тамариска и тополя. Что касается инструментария, применявшегося плотниками в бронзовом веке, то уже упоминались черенковые пилы, которые мастер держал во время работы обеими руками, а также разнообразные долота и тесла. Последние были как плоскими, крепившимися к коленчатой рукояти, так и втульчатыми, в этом случае их насаживали на прямую рукоять, как топор. Тесла могли служить как для первичной обработки дерева (лесоповал, трелевка), так и для плотницких и даже столярных работ. Кору снимали с помощью двуручного

скобеля. Доски получали путем продольного раскалывания бревен с помощью клиньев. Рубанок был изобретен уже в период железного века, к этому же времени относятся достоверные сведения о применении токарного станка.

1.2. Плотницкий инструмент в Древней Руси

Секреты дерева как строительного материала давным-давно уже разгаданы. Это - самый экологически чистый и красивый материал, позволяющий создать в помещении оптимальный микроклимат. Древесина - живая, она "дышит", оказывая благотворное воздействие на организм человека, к тому же хорошо поглощает звук, очищает и обеззараживает воздух, не вызывая аллергических реакций. В рубленых домах поддерживается постоянный кислородный баланс и оптимальная влажность воздуха. Зимой в таких домах тепло, а летом прохладно. В деревянных стенах куда-то уходят усталость и раздражение, а в душу вселяются умиротворение и покой.

Россия - страна бескрайних лесов. Проживающий в лесном краю человек не мог не быть плотником. Плотницкое дело пришло вместе с земледелием из глубокой старины. Практически все необходимое в хозяйственном обиходе, начиная от дома и "двора", делали из древесины: ложки и туеса, ведра, корзины и прочую утварь, мебель, прялки и ткацкий стан, лодку, сани и телегу, охотничьи и рыболовные приспособления, - даже дымоход и печная труба были деревянными. В деревянную колыбельку укладывали новорожденного человечка, в деревянной домовине провожали старого человека в последний путь. И, конечно, прежде всего, прочего строил человек себе дом. "Деревянные храмы Севера дышали, светились и вели разговор с человеком... в совокупности с домами, гумнами, банями. Они... венчали каждое, даже небольшое селение" [4]. А в храме человек поклонялся дереву, молился на дерево. Иконы писались на досках, иконостасы, "царские врата", скульптуры резаны из древесины.

Возведение любой постройки, даже самой малой, не обходилось без хороших инструментов. Не просто хороших, а удобных для удержания в руке, соразмерных руке и телу конкретного человека (говорят: "сподручных") и, конечно, правильно и остро заточенных. Для каждого ремесла существовали свои инструменты, и каждый инструмент использовали только для выполнения конкретной операции. Плотник не работал столярным топором, а бондарный скобель был мало похож на плотницкий.

1.2.1. Топор – главный инструмент в прошлом

Топором выполняли подавляющее большинство всех строительных работ. Деревья в лесу валили лесорубным топором с узким лезвием, режущая кромка которого по сравнению с плотницким топором существенно дальше отстояла от топорща.

Это было нужно для того, чтобы топор при ударе глубоко наискось входил в слои дерева, но не увязал в древесине. Бревна, плахи и доски отесывали протесом, имеющим широкое закругленное лезвие (рис. 2).

Слово "топор" - тюркского происхождения, оно пришло на Русь вместе с татаро-монгольским нашествием и заменило собой русское слово "секира". В селе Ратонбволк (Холмогорский район Архангельской области) сохранилась до наших дней настоящая секира! На отполированную многими руками чуть изогнутую рукоять насажено длинное серпообразное лезвие с вытянутым носком и прямой пяткой. Длина лезвия составляла 35 см, а общая длина с рукоятью - почти метр. То-

пор сохранился в полной исправности: плотно расклинен и остро заточен. Таким топором можно не только обтесать бревно или плаху, но, и смело можно было идти на битву с Ордой.

Плотницким топором тесали бревна, вырубали в них чаши, выполняли узлы соединения элементов, декоративные детали и многое другое. Плотницкий топор XVII-XVIII вв. существенно отличался от современного. Собственно топор (металлическая часть) был коротким, каплевидным в сечении, лезвие нешироким (9-15 см), полукруглым, утолщенным, с большой клиновидностью (напоминая по форме колун для раскалывания дров, бревен) (рис. 2б), а сам топор тяжелее. Топоры ковали из особо стойкой, высокопрочной стали. Топорище (рукоятка) - длинное и прямое (а не изогнутое, как современное), на конце утолщенное, чтобы не выскакивало из рук. Для топорища выбирали прямую березовую плаху без сучков. Длина топорища была различной, потому что зависела от роста плотника: плотник, поставив топор на землю вертикально около своей ноги, свободно опущенной рукой, мог взять в кулак утолщенный конец топорища (рис. 2в). Длинное топорище, являясь, по сути, рычагом, позволяло плотнику тратить меньше сил.

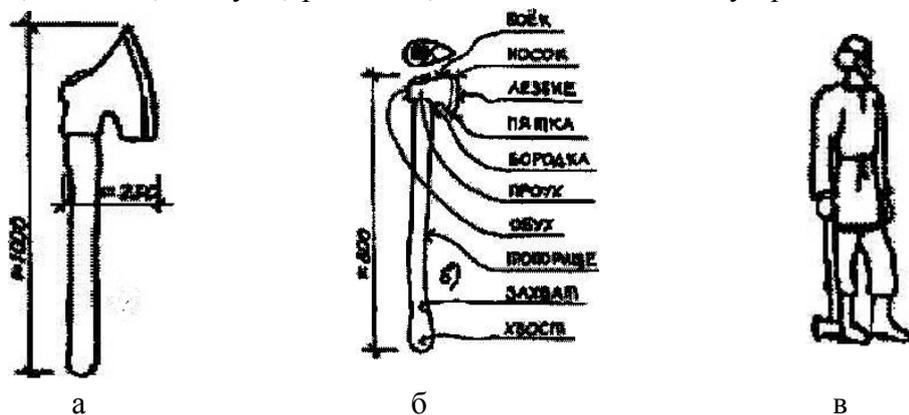


Рисунок 2

Плотницкий топор XVII-XVIII вв. при обтесывании скалывает древесину, не утопая в ней глубоко и не оставляя следов в виде царапин, рисок и зазубрин, а вогнутой боковой стороной и своей массой при ударе одновременно уплотняет древесину на обрабатываемой поверхности. При работе топор держали в руках так, чтобы его лезвие было направлено не параллельно бревну, а перемещалось по дуге к нему - тогда в конце удара топор сам выходил из дерева. Если топор все-таки останавливался в древесине и оставлял тем самым задир, последний снимали следующим ударом, наносимым перед местом окончания в бревне предшествовавшего удара. Этими средствами достигали плотного примыкания друг к другу перерезанных волокон древесины без задиров. Тонкий же топор входит глубоко в древесину и вязнет там, что очень затрудняет теску.

Плахи и кровельные доски тесали в двух направлениях - туда и обратно - попеременно, полосами, вдоль бревна. Ширина одной полосы равнялась ширине лезвия топора. Топор XVII-XVIII вв. оставлял на отесанных плоскостях характерные следы. На доске получался рисунок, похожий на елочку или ребра рыбьего скелета, а в продольном сечении доски эти следы волнообразные, напоминающие стиральную доску. Поверхность тесаных досок получалась настолько гладкой, что об нее нельзя было даже занозить руку, и вместе с тем не плоской и ровной, а рельефной, волнообразной. С об-

работанной таким образом поверхности дождевая вода удалялась легче, поэтому тесаные доски меньше подвергались увлажнению и биопоражению (загниванию).

Работа плотника физически очень тяжелая, требующая большого расхода энергии, поэтому плотников кормили мясными щами даже в разгар сенокоса и в пост. "Хорошему плотнику, конечно же, никогда не мешала богатырская сила. Но и без нее он все равно был хорошим плотником. Пословица "Сила есть - ума не надо" родилась в плотницком мире в насмешку над тупоумием и горячностью. Силу уважали тоже. Но не в одном ряду с талантом и мастерством, а саму по себе. Настоящие плотники экономили силу. Были неторопливы. Без однорядок-рукавиц не работали".

Молодой работник, обычно подросток, начинал постигать плотницкое искусство с обычного топорича. Сделать топориче - значит, сдать первый экзамен. Топориче делали из сухой березовой заготовки. "Топориче надо еще и насадить, и правильно расклинить, чтоб топор не слетел, и зачистить стеклянным осколком. После всего этого топор точили на мокром точиле. Каждая операция сама по себе требовала смекалки, навыков и терпения. Так жизнь еще в детстве и отрочестве приучала будущего плотника к терпению и последовательности.

При выполнении большинства плотницких работ топор держали двумя руками; чашу рубили с двух сторон, нанося удары попеременно, то справа, то слева, Тесать плаху, бревно хороший плотник мог одинаково хорошо и справа, и слева. С какой стороны ударить, справа или слева, определяли по расположению волокон древесины, чтобы при ударе прижать перерезанные волокна. Поэтому лезвие топора затачивали симметрично, на одинаковые фаски, на одинаковый угол. Однако иногда из-за специфики обработки элемента заточку лезвия делали несимметричной.

Топор никогда не втыкали в бревно, предназначенное для строительства, ведь тогда пропадал смысл плотного затесывания его поверхности. Вообще с бревнами, подготовленными к укладке в строение, т.е. окоренными (ошкуренными), отесанными и оскобленными, а также с готовыми деталями обращались очень аккуратно, предохраняя их от механических повреждений, загрязнений и т. п. Любой задира, затес или даже царапина - "ворота для инфекции". Это увеличивало вероятность биоповреждений древесины строительного элемента и, в конце концов, могло сократить жизнь всего строения.

Топор никогда не оставляли воткнутым в бревно или чурбак и не ставили к стене, а только клали под лавку. Причем топор разворачивали лезвием к стене, чтобы никто случайно не поранился, поднимая что-либо закатившееся под лавку. Вообще любые действия, связанные с угрозой здоровью при работе с топором и другим инструментом, предупреждали особо.

Для обтески бревенчатых стен изнутри помещения применяли специальный топор, лезвие которого было прямым и несколько удлиненным по сравнению с обычным плотницким топором, а само лезвие разворачивали на острый угол так, чтобы ось насадки топорича была параллельна одной грани лезвия. (рис. 3 а). Топориче для такого топора специально подбирали из тонкого искривленного древесного ствола, чтобы во время работы не обивать кисти рук. В этом случае плотнику требовались два топора, выкованных зеркально, т.е. один со смещением лезвия вправо от плотника, для обтески справа налево, другой - со смещением влево, для обтески слева направо. В углах поверхность бревен вытесывали по дуге. Получался "круглый" угол. Обтеску вели от угла

к середине стены. "Правым" топором левую сторону угла, закругленную по дуге, не обтесать. Вместо двух топоров иногда применяли один, но обоюдоострый, двухсторонний, у которого был один проух и два лезвия, выкованные зеркально (рис. 3б). Именно такими топорами отесывали стены архангельские мастера.

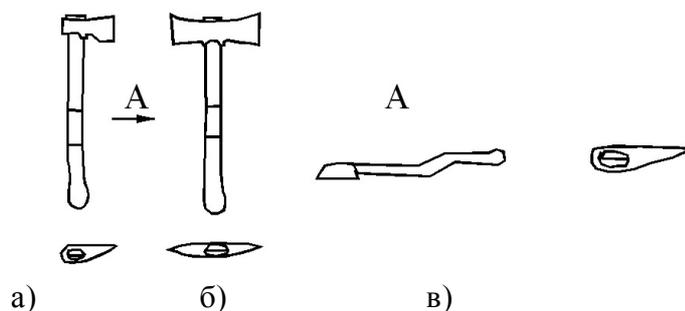


Рисунок 3

В этом случае имел значение также угол заточки топора. Лезвие топора затачивали несимметрично, под разными углами заострения, в зависимости от того, с какой стороны тесали стену - справа или слева (рис. 3в). Фаску лезвия топора, обращенную при обтеске к стене и предназначенную для срезания древесины (т.е. внешнюю фаску по отношению к плотнику, параллельную оси насадки топорича), затачивали под более острым углом относительно оси лезвия, чем другую. Внутреннюю фаску, предназначенную для скалывания щепы, затачивали под менее острым углом. Такая асимметрия углов заточки позволяет лезвию находиться в надежном контакте с обрабатываемой поверхностью, топор не скользит по ней и не отскакивает, он как бы "затягивается" в древесину.

В "Курсе плотничных работ..." , выпущенном в 1906 г., представлен "поперечный" топор, предназначенный также для "обтески бревенчатых стен", прямое лезвие которого было развернуто перпендикулярно относительно топорича, по сути дела получилось уширенное тесло с плоским лезвием. Современные практикующие плотники-реставраторы предполагают, что таким топором отесывали только "круглые" углы в интерьере, потому что вертикальные поверхности стен отесывать им неудобно. Кроме того, после обработки таким топором вертикальная поверхность стен остается неровной, с крупными волнами, которые приходилось бы за несколько заходов убирать скобелем и рубанком.

1.2.2. Тесло, черта, отволока и прочие инструменты

Тесло - по сути дела тоже топор, топориче у которого длинное и прямое, а лезвие не только развернуто перпендикулярно относительно топорича, но и имеет полукруглое сечение, в виде черпачка (рис. 3, а). Теслом вытесывали на бревне вдоль его волокон желоба разных размеров (например, неглубокий паз в бревне, предназначенном к укладке в стену, или глубокий водосточный желоб), выполняли участки плавного перехода от круглого бревна к брусу у оконных и дверных проемов, отесывали после топора "круглые углы" в интерьере и другие криволинейные поверхности. Пазник - тесло с нешироким плоским лезвием - служил для окончательной, чистовой выемки лазов после вырубки паза начерно топором (рис. 3б). Как правило, паз сначала вырубали начерно топором до получения П-образного профиля, а затем в глубине лаза выбирали древесину пазником.

Столярный топор отличается от плотницкого меньшими размерами и меньшим весом - ведь столяр обрабатывает не бревна, а детали конструкций, имеющие меньшие размеры. Носок у столярного топора острый, а лезвие прямое. А ведь были еще колун, бондарный и колесный топоры и даже "американский", обух которого был заменен обыкновенным четырехгранным молотком. Но это уже инструменты других ремесел.

Черта - самый распространенный инструмент для прочерчивания на поверхности древесины параллельных прямых или кривых линий с целью последующей отески или распиловки бревен и строительных деталей. Для этого аккуратно, "по нитке" отесывали кромку одной доски. Прикладывали к этой кромке следующую доску и, плотно прижимая черту к выправленной кромке, процарапывали, прочерчивали металлическим острием глубокую параллельную царапину на прилегающей доске или примыкающей конструкции. По этой царапине-черте и отесывали примыкающую кромку. Отметка чертой требует аккуратности, так как оставленный след - глубокая царапина: это не карандашная помета - не сотрешь. Ослабляя или затягивая обмотку черты или фиксируя расстояние клинышком и кольцом, изменяли расстояние между острыми концами черты. Чертой причерчивали бревна для выборки продольного паза, чтобы добиться плотного примыкания бревен в стенах, чашу в бревнах перед ее чистовой обработкой. С помощью черты причерчивали (отбивали) и затем выстрагивали ровную кромку плах и досок для плотного их примыкания (укладывали в черту или впричерт), Чертой отмечали места соединения элементов и делали другие пометы, которые теперь плотники отмечают карандашом. Впоследствии наряду с чертой использовали плотничий циркуль.

При большом количестве досок удобнее причерчивать их с помощью отволоки, забрав доски в своеобразный станок. В Архангельском крае этот инструмент называют "щеголек", говорят: "причертить под щеголек", "набрать пол под щеголек", т.е. особо плотно, без малейших щелей.

Впоследствии во многих технологических операциях черту и отволоку заменил рейсмус. "Рейсмус" - слово немецкое, буквально означает "инструмент для проведения параллельных линий" (рейсмусовый станок, рейшина). Рейсмус использовали также для перенесения размеров с одних деталей на другие. Принцип его действия аналогичен: прочерчивание на древесине царапины острой шпилькой, только вместо кольца и клинышка, как у черты, у рейсмуса подвижная колодка, которую фиксируют винтом.

Для чистовой, после топора, окорки бревен и снятия заболони применяли струг, или скобель (от "скоблить"). Этот инструмент представлял собой скребок, серпообразную металлическую пластину с режущей кромкой и двумя рукоятками. В некоторых местностях средней полосы России этот скребок называли хакон (от натужного звука "ха", издаваемого плотником при работе этим инструментом). Существовали два его вида: прямой и закругленный (кривой). Скобелем снимали с бревен кору на границе луба, не повреждая древесину, и одновременно выравнивали поверхность бревна, сглаживая неровности и небольшие сучки. Окоривали бревна в направлении от комля к вершине, чтобы не оставлять задиров. При окорке бревна топором неизбежно появлялись бы сколы и засечки, что повышало вероятность биопоражений, при обработке скобелем поверхность бревна получалась гладкая и без задиров. Бревна с неповрежденной, плотной и гладкой поверхностью сохраняются в постройке необыкновенно долго.

Скобелем также убирали с тесаной поверхности оставшиеся после обработки топором и теслам "волны" и доводили поверхность до идеально гладкой. Выскабливали стены, кровельный тес, дверные и оконные косяки, полотна дверей и ставен. Необходимо отметить, что элементы конструкций выскабливали только в небольших объемах или в интерьере церквей и жилых помещений дома, так как работать скобелем очень тяжело, труднее, чем рубанком. Прямые поверхности скоблили прямым скобелем, "круглые" углы в интерьере - круглым. Косяки дверных и оконных проемов, дверные полотна, доски и т.п. выскабливали вдоль волокон древесины, стены же - под углом около 60° к оси бревна. В связи с тем что бревна стен имели в той или иной мере наклон волокон, их скоблили в две стороны: полбревна - в одну сторону, полбревна - в другую. После скобеля обработку поверхности заканчивали.

Долотом шиповым наряду с пазником зачищали пазы в оконных и дверных косяках. Долото плоское и просека были шире и тоньше шипового долота, ими зачищали пазы и гнезда с боков и пробивали отверстия в строительных элементах. Для самой тонкой, деликатной работы использовали стамеску. Долото, просеку и стамеску затачивали только с одной стороны.

Для просверливания отверстий нужны были различные бурава: ложечный, винтовой, перьевого ("пёрочный", "перка"). Им просверливали гнезда под нагели ("куксы") в бревнах сруба.

Пила в России появилась при Петре I, а в повседневный плотницкий обиход вошла лишь в XIX в. Пила поперечная двуручная нужна для перепиливания бревен поперек волокон. Лучковой пилой, тоже поперечной, раньше валили деревья в лесу. Лучковая пила внешне представляет собой икс-образную рамку, на одной стороне которой закрепляли пильное полотно, а с другой полотно натягивали скруткой - тетивой. Ее режущее полотно гибкое, сталь жесткая. В лучковую пилу вставляли узкое, не больше 5 см шириной полотно, чтобы во время спиливания деревьев большого диаметра предохранить полотно от защемления. Для распиловки бревен вдоль волокон использовали специальную двуручную маховую пилу (продольную) с длинными косыми зубьями и небольшим разводом. Пилой-ножовкой пользуются для выполнения продольных и поперечных пропилов и прорезей в нетолстых элементах и досках.

Обычный рубанок для плотника тоже был необязателен. Это столярный инструмент. Предварительную, черновую острожку материала (кровельного теса, строительных элементов) выполняли рубанком-медведем (медведкой), им работали вдвоем, Рубанком с полукруглым лезвием (шерхебелем) также выполняли черновую острожку, но одной парой рук, а потом уже доску строгают рубанком с одним или двумя лезвиями (один нож-лезвие называли железкой, другой, ломающий стружку, - горбыльком). У обычного рубанка одно лезвие (железка) с прямым нижним концом. Строгать легче, если вести рубанок не строго вдоль волокон древесины, а под небольшим углом к ним - так лезвие приемистой снимает стружку. Чем она тоньше и длиннее, тем благороднее получается поверхность. Окончательно поверхность доски или детали можно пройти фуганком. Для строгания четверти и шпунта применяли зензубель, для профильной обработки кромок - отборник, а для создания рельефной поверхности доски - калевку.

Наугольник применяли для отбивки только прямого угла малка - тот же наугольник, но с одной подвижной кромкой - применялся для снятия и обозначения раз-

личных углов. Складной аршин (позднее метр) плотнику тоже необходим. Все остальные вспомогательные приспособления плотники делали сами по ходу работы (отвесы, шнурок, клинья и т.п.).

Клинья нужны были для многих работ: их вставляли в распилы, расколы и расщепы для предупреждения зажимания инструментов, клиньями зажимали строительные элементы для их плотного стыкования (например, плахи перекрытий), расклиниванием выправляли зазоры в узлах и стыках элементов, расклинивали рукоятки инструментов, клинья подкладывали для исправления небольших плотничных огрехов. Не зря говорится: "Клин - первый плотнику помощник", "Не клин да не мох - и плотник бы сдох".

Инструмент и историческая технология обработки древесины являются культурно-исторической ценностью.

2. Развитие деревообработки в XXI веке

Эффективное использование древесины в сочетании с новыми материалами улучшило ее свойства. В настоящее время из древесины изготавливают до тысячи наименований продукции. Ресурсы древесины как природного материала постоянно восстанавливаются.

Деревообрабатывающая промышленность, входящая в состав лесопромышленного комплекса (ЛПК) включает в себя различные производства, которые можно разделить на две группы: первичная и вторичная обработка древесины [5].

В группу первичной обработки входят производства, для которых характерно потребление лесоматериалов (выработка пиломатериалов, получение шпона, фанеры, древесных плит, пластиков и других древесных материалов) и их изготовление из них полуфабрикатов путем механической, гидротермической обработки и склеивания.

Группа вторичной обработки – механическая обработка древесины и склеивание из нее полуфабрикатов с целью получения деталей, которые в дальнейшем проходят защитно-декоративную отделку, собираются в узлы, а затем в конкретное изделие.

Востребованность продукции деревообработки определяется полезностью продукции и уровнем платежеспособного спроса на нее и оказывает решающее влияние на товарность, если своими масштабами обеспечивает массовость производства. Массовость же производства немыслима без новых приемов труда, т.е. технологии, и нового технологического оборудования.

Полезность продукции определяется комплексом факторов: технических, эргономических, экологических, социальных и др. Игнорирование этих фактов при создании новой продукции неизбежно влияет на востребованность и товарность. Более 30 лет назад в СССР было организовано промышленное производство деревянных окон без форточек. Более производительная технология и снижение затрат вошли в противоречие с полезностью, и новое изделие широкого применения не нашло. На многих деревообрабатывающих предприятиях изготавливали что могли, а не то что нужно потребителю. Изготавливать требуемую (заказанную, даже оплаченную) продукцию, а не создавать себе трудности со сбытом (продажей, обменом) уже произведенной продукции – этот принцип реагирования на востребованность первыми реализовали мебельщики, введя торговлю по образцам изделий или их наборов. Поэтому представляется очевидным, что критерий востребованности приобретет приоритетное значение и станет определяющим для развития деревообработки.

2.1. Новейшие разработки в деревообрабатывающей промышленности [6]

Всем известен термин «евроокно». В данное время производятся деревянные, дерево-алюминиевые и пластиковые (ПВХ) окна. Пластиковые окна практически вытеснили у нас другие материалы для окон из сферы гражданского строительства и активно внедрились в жилищное строительство. Им противостоят окна из массивной проклеенной древесины. Подобные процессы развиваются и в мебельном производстве: конкурируют лицевые детали корпусной мебели из массива, МДФ, облицованной ДСП. Разработки новых и совершенствование выпускаемых видов композиционных (плитно-листовых) материалов будут инициировать углубленное изучение процессов формования и прессования материалов с целью придания им требуемых свойств и оперативного управления этими свойствами в процессе всего цикла производства. Потребность строителей в новых изделиях и конструкциях из древесины определит повышенный интерес к исследованиям свойств древесины и оперативным методам контроля качества продукции.

Товарность продукции деревообработки в первой трети XXI века увеличится не менее чем в 2 раза, т.к. все время расширяется спектр композиционных материалов на основе древесины, увеличивается спрос на изделия из массивной древесины и растет объем применения древесины в строительстве. Возрастут требования к законченности разработки и срокам ее выполнения. Эффективным фактором обеспечения качества продукции станет ужесточающаяся конкуренция старых и новых видов продукции, между древесными и альтернативными материалами – на фоне растущего спроса на изделия из массивной древесины. Востребованность новых изделий и конструкций из древесины для строительства определит повышенную заинтересованность в исследованиях свойств древесины и разработках методов оперативного контроля качества продукции.

2.1.1. Уплотнение древесины

Много лет одним из недостатков древесины считалось ограничение возможности ее формования. В Дрезденском техническом университете специалисты разработали и запатентовали новую технологию обработки деревянных конструкций, которая существенно расширила сферу их применения. На торце бруса, обработанном дрезденским методом видно, что годовые кольца овальные, как бы сплюснутые. Профессор Института строительных конструкций и деревянных сооружений при Дрезденском университете Пеер Халлер (Peer Haller) поясняет, что древесина подверглась уплотнению. Процесс уплотнения осуществляется при температуре 150° С горячим прессом. При этом происходит сжатие микроструктуры древесины, и в результате получается древесина очень высокой плотности – примерно 1кг/дм³. Сухая еловая древесина имеет в нормальном состоянии вдвое меньшую плотность, т.к. она представляет собой своего рода губку. Именно высокая пористость древесины позволяет из стволов круглого сечения получать методом горячего прессования без каких-либо потерь балки прямоугольного сечения.

При возведении крупных инженерных соединений, например - мостов, нагрузки, распределяются крайне неравномерно. В результате отдельные балки подвержены повышенному износу. Если эти балки изготовить из уплотненной древесины, а остальные – из обычной, то это позволит сохранить архитектурную гармоничность моста и при этом обеспечить оптимальные эксплуатационные характеристики.

Там где ожидаемые нагрузки особенно велики, инженеры используют стальные балки различного профиля (таврового или двутаврового сечения). Но и пустотелые балки коробчатого или круглого сечения способны нести большую нагрузку, чем сплошные массивные балки. Технология, разработанная профессором Халлером, позволяет получать пустотелые балки из древесины. Для этого сначала круглый ствол прессуется в брус квадратного сечения, а затем с одной стороны деформация снимается. В результате квадратное сечение превращается в трапецеидальное, а это позволяет из нескольких таких балок сложить пустотелую трубу.

2.1.2. Соединение древесины с полимером

В настоящее время технологи пытаются соединить деревянную основу с полимерным покрытием. Для этих целей используется клей, но не всегда получается нужный результат. Специалисты Лазерного центра в Ганновере предложили другой метод – использование лазера. Один из разработчиков Штефан Барчиковски (Stefan Bartcikowsky) говорит: - Нужно представлять себе дело так, что пластмасса для лазерного луча прозрачна. Лазерный луч как бы смотрит сквозь пластмассу, не замечая ее, но видит за ней древесину. И вот там-то, на этой границе, и концентрируется энергия лазера. Древесина нагревается и подплавляет пластмассу, так что в результате образуется прочное сварное соединение, имеющее существенные преимущества перед клееным. Энергия лазерного луча должна быть подобрана так, чтобы температура в пограничном слое не превышала 400°, иначе древесина начинает обугливаться. Большинство полимеров начинает плавиться при 90 градусах. Расплав затекает в поры древесины и образуется прочное соединение. При испытании образцов, разрыв происходит не в зоне соединения, а в толще материала, что является хорошим признаком. Значит полученное сварное соединение прочнее, чем соединяемые материалы. Опытная установка ганноверских инженеров обеспечивает скорость сварки – 1м/мин. Авторы разработки намерены повысить мощность лазера (на данное время мощность лазера равна 100 Вт) и увеличить скорость сварки до 80 м/мин.

2.1.3. Древесина при производстве керамики

Древесину начинают применять при производстве керамики. До сих пор исходным материалом для нее служили минеральные порошки - например, тонко молотый карбид кремния помещался в форму и спекался. Но измельчение и спекание – весьма энергоемкие процессы. Поэтому американские инженеры разработали более экологичную технологию производства керамики: она не только требует меньше энергии, но и использует в качестве исходного материала возобновляемое сырье – древесину. Мритианджей Сингх, научный сотрудник отдела НАСА по разработке новых керамических материалов в Кливленде, штат Огайо, говорит: - Мы можем использовать даже опилки, утилизация которых является для лесопильных предприятий серьезной проблемой. К опилкам добавляются вяжущие вещества, затем полученной массе придается форма будущей детали, после чего эта заготовка подвергается пиролизу (разложение под действием высоких температур в бескислородной среде). Именно этот процесс позволяет превращать древесину в древесный уголь, который с химической точки зрения представляет собой чистый углерод. А затем в печь добавляется кремний – второй компонент будущей карборундовой керамики. Кроме соединений кремния, могут быть использованы и расплавы некоторых солей, что позволяет производить широкий ассортимент современных керамик. Особенность предложенной технологии состоит в том,

что на протяжении всего процесса сохраняется микроструктура древесины, и керамика как бы перенимает некоторые свойства исходного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новые технологии могут появиться как вследствие создания композиционных материалов принципиально иных видов, так и в результате применения новых для деревообработки операций – например, штамповки при изготовлении изделий из плотных материалов – в массовом производстве социально доступной продукции.

Решающее значение для освоения новых приемов труда даже при изготовлении традиционной продукции будут иметь два фактора: ужесточение требований к качеству изделий и стремление к рациональному использованию древесины. В частности, безпыльное резание древесины исключит образование мягких древесных отходов (опилок, пыли и т.п.), позволит получать высокое качество обрабатываемых поверхностей и, возможно отказаться от ряда ныне используемых приемов шлифовки. Физико-технические способы такой переработки древесины могут быть различной природы (вибрация, излучение, гидроудар и т.п.).

Повышение требований к качеству продукции приведет к коренным изменениям в процессах ее защиты (пропитки, отделки). Такие изменения, скорее всего, приведут к увеличению использования защитно-отделочных материалов (типа пинотекс, лазурол), обострят проблему недорогих атмосферостойких лаков, защитных пленок и др.

Также проблема будет заключаться в обеспечении высокого (до 80-90%) уровня автоматизации всех технологических операций (от подготовки и подачи сырья до упаковки и складирования продукции). Решение проблемы заключается в создании систем автоматического контроля и регулирования, т.к. они позволяют практически исключить ручной труд в массовых производствах.

Проблема дереворежущих инструментов, вне зависимости от новых способов резания древесины, будет, очевидно, разрешаться в двух взаимосвязанных направлениях: создание новых видов инструментов на основе более глубоких знаний свойств древесины и новых конструкционных материалов (сталей, сплавов и др.).

Библиографический список

1. Антонова Е. В. К вопросу об истоках древней культуры Переднего Востока (Раскопки Невали-Чори) / Е. В. Антонова, Б. А. Литвинский. // Вестник древней истории. - 1998. - N 1. - с. 36-47.
2. Дьяконов И.М. История древнего Востока. Зарождение древнейших классовых обществ и первые очаги рабовладельческой цивилизации. Ч. I. Месопотамия. Ред.. М. 1983. – с. 24-69.
3. Крамер С.И. История начинается в Шумере. М. 1965. – с. 58-91.
4. Белов В.И. Повседневная жизнь русского Севера. М. 2000. – с. 36-47.
5. Дешевой М.А. Механическая технология дерева. – Л.:Гостехиздат, 1936. – Т.1. с. 98-106.

Черемных Н.Н., Тимофеева Л.Г., Арефьева О.Ю.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

**ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ И
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ СВЯЗИ КАФЕДРЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ
ГЕОМЕТРИИ И МАШЧЕРЧЕНИЯ УГЛТУ**

*PROFESSIONAL ORIENTATION AND INTERDISCIPLINARY
COMMUNICATIONS OF DESCRIPTIVE GEOMETRY DEPARTMENT
AND MACHINE-BUILDING PLOTTING*

Графическим дисциплинам отводится особое место в общей системе профессиональной подготовки будущих инженерно-технических специалистов. В начертательной геометрии, черчении, машинной графике закладываются основы знаний и умений, крайне необходимых для успешного освоения последующих дисциплин технического профиля: теории механизмов и машин, деталей машин, подъемно-транспортных машин и дисциплин специализации.

Содержание графических дисциплин в техническом ВУЗе входит составной частью в жизненный цикл изделия (ЖЦИ). Напомним, что ЖЦИ включает маркетинг, разработку технического задания, технического предложения, технического и рабочего проекта, инженерный анализ, технологическую подготовку производства, собственно производство, эксплуатацию, модернизацию и утилизацию с учетом экологических требований.

В графическом образовании инженера должны «уживаться» устоявшиеся традиции и современные инновации [1]. Интеллект инженера закладывается при изучении графических дисциплин, и подготовка к инновационному инженерному труду начинается на 1-3 семестрах обучения в ВУЗе.

Практически полное отсутствие школьной графической подготовки, малое количество часов на аудиторные занятия зачастую приводит к формированию у студентов ВУЗа отношения к графическим дисциплинам как к второстепенным и негативно сказывается на общей их готовности к их освоению.

Факторы, ограничивающие возможность адаптации кафедр инженерно-графических дисциплин к требованиям потребителей их услуг – последующим кафедрам – многочисленны. Вместе с тем, можно отметить наличие резервов улучшения ситуации. Начальным этапом мы считаем систематическое отслеживание структуры потребностей в знаниях и навыках непосредственно используемых в курсовом проектировании привода технологической машины, механизма грузоподъемной машины (кафедра деталей машин), в малых архитектурных формах из дерева (кафедра механической обработки древесины), в развертках бумажной тары и емкостей для технологической щепы (специалисты ЦБП) и т.д. [2-4].

Азы начертательной геометрии, к примеру пересекающиеся прямые, скрещивающиеся прямые, определение натуральной величины отрезка прямой общего положения, определение кратчайшего расстояния между скрещивающимися прямыми демонстрируем примерами из отрасли (стропы грузозахватных приспособлений для лес-

ных грузов, соединение стрела – рукоять харвестера или валочно-пакетирующей машины, амортизаторы «Газели», ЗиЛ «Бычка» и т.д., решетка башни башенного крана или опоры ЛЭП, положение осей валов гипоидной пары главной передачи задних мостов автомобилей и тракторов, положение осей вала электродвигателя и вала шпинделя шпалооправочного станка ШОСД-7 и т.д. и т.п.).

Это, по нашему убеждению, позволяет учащимся понизить уровень абстрактности учебного материала по начертательной геометрии, столь характерной для данного курса для студента на первом семестре его обучения в ВУЗе.

Библиографический список

1. Концепция модернизации российского образования на период до 2010 года // Инновации в образовании, -2002- №3- С. 4-33

2. О.Ю. Арефьева Моделирование изделий деревообработки с использованием 3D- технологий / О.Ю. Арефьева, Черемных Н.Н. //Межвузовский научно-методический сборник «Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации», СГТУ, Саратов, 2007, С.124-125

3. Н.Н.Черемных Междисциплинарные связи на примере машинной графики у студентов - лесомехаников / Н.Н.Черемных, Е.Г. Кучумов, И.Т. Рогожникова, Т.В. Загребина // Современные проблемы науки и образования. Научно-теоретический журнал Академии естествознания :- М.; 2007, №3, с75-77.

4. Н.Н.Черемных О междисциплинарных связях кафедр начертательной геометрии и машиностроительного черчения и деталей машин/ /Н.Н.Черемных, Е.Г. Кучумов, И.Т. Рогожникова, Т.В. Загребина, О.Ю.Арефьева // Сборник трудов Всероссийского совещания зав. кафедрами графических дисциплин ВУЗов РФ «Состояние, проблемы и тенденции развития в графической подготовке в высшей школе ». Том 1, Челябинск, ЮУрГУ, 2007, с 202-204.

СОДЕРЖАНИЕ

Новоселов В.Г. К участникам симпозиума 3

**Проблемы менеджмента деревообрабатывающих предприятий
и взаимоотношений предпринимателей с властью**

Копнов В.А. От управления к менеджменту качества по 9001:2000..... 4
Казанцева Н.К., Синегубова Е.С. Роль стандартизации лесопромышленного
 комплекса в современных условиях..... 7
Бирюков П.А., Сысоева С.А. Научеёмкость лесопромышленных произ-
 водств – виртуальная или реальная трактовка термина? 10
Бирюков П.А., Кузьмина М.В. К вопросу о векторе развития лесопромыш-
 ленного производства..... 15
Мехренцев А.В. Перспективы развития производственно-технологической
 базы деревянного домостроения в Свердловской области..... 19
Глазырин В.В., Голубева Л.П. О проблеме «эквивалентного признака» изо-
 бретения, полезной модели..... 22

**Новые технологические решения в лесозаготовках,
деревообработке и отделке**

Азарёнок В.А., Гаева Е.В., Чамеев В.В. Синхронизация работы головного
 станка лесообрабатывающего цеха с предшествующими операциями при рас-
 пиловке сырья вразвал 23
Чамеев В.В., Гаева Е.В., Азарёнок В.А. Обоснование размеров межоперац-
 онных запасов сырья перед головным станком лесообрабатывающего цеха 30
Сафин Р.Р., Ахметова Д.А., Сафин Р.Г., Зиятдинова Д.Ф., Тимербаев Н.Ф.
 Усовершенствование технологического процесса вакуумно-кондуктивной
 сушки пиломатериалов 36
Ветошкин Ю.И., Газеев М.В., Старикова Н.А. Совершенствование техно-
 логии склеивания древесины 37
Газеев М.В., Тихонова Е.В., Жданова И.В. Механизм интенсификации от-
 тверждения лакокрасочных покрытий аэроионификацией 40
Безгина Ю.Н., Герц Э.Ф., Залесов С.В. Система рубок для Уральского ре-
 гиона на лесотипологической основе 45
Синегубова Е.С., Григоров И.Г. Исследование поверхности древесных ма-
 териалов, покрытых лаком, с помощью атомно-силовой микроскопии..... 48
Еранкин С.В., Гиндулин И.К., Юрьев Ю.Л. Исследование процесса окисле-
 ния активного древесного угля кислородом воздуха 52
Жданов Н.Ф., Газеев М.В., Жданова И.В., Тихонова Е.В. Аэроионифика-
 ция, как способ интенсификации отверждения лакокрасочных покрытий, об-
 разованных водными лаками 57
Иванов В.В. Пути повышения качества формируемого древостоя при не-

сплошных рубках	61
Кошелева Н.А. Разработка системы модульной мебели	65
Левинский Ю.Б., Агафонова Р.И. Прогнозирование прочности древесины с учетом геометрии строения древесины	68
Комиссаров А.П., Левинский Ю.Б. Возможности совершенствования тепловой обработки древесины на основе критерия жесткости	73
Левинский Ю.Б., Савина В.В., Савельев В.В. Гнутье древесины, предварительно пластифицированной в высокочастотных полях	77
Гороховский А. Г., Мяслицин А. В. Сушка экспортных пиломатериалов в проходных камерах туннельного типа	82
Плотников С.М. Определение массы и длины древесных частиц	85
Подковыркина О.М., Смирнов С.В., Побединский В.В. Неорганические покрытия для изделий из древесины на основе солей ортофосфорной кислоты	87
Крюк В.И., Ветошкин Ю.И., Яцун И.В., Мяслицин Ан. В. Композиционные рентгенозащитные материалы на основе древесины и древесных отходов	90
Рогожникова И.Т., Новоселов В.Г. Критерии, методы и средства определения надежности технологических систем деревообработки по параметру качества «шероховатость поверхности»	94
Сазонова Е.А. Энергетический подход в оценке эффективности технологических процессов лесозаготовок	99
Гороховский А.Г., Шишкина Е.Е. Исследование процессов тепломассообмена при конвективной сушке древесины с применением вычислительной среды MATHCAD – 12	102
Гороховский А.Г., Шишкина Е.Е. Расчет скорости агента сушки в камерах с естественной циркуляцией	106
Глухих В.Н. Упругая деформативность поперек волокон с учетом анизотропии древесины	111
Стенина Е.И. Пути интенсификации процесса пропитки древесных материалов водорастворимыми антисептиками	116
Новоселов В.Г., Агафонов О.Ю. Повышение надежности технологической системы лесопиления по критерию «производительность»	119
Полякова Т.В., Новоселов В.Г. Критерии, методы и средства определения надежности технологических систем деревообработки по параметру качества «точность»	123
Petr Horáček How to use a nondestructive evaluation of timber structures	128
Новосёлов А.В. Эллиптичность бревен и оптимальные размеры пиломатериалов	134

Деревообработка в индустриальном и малоэтажном домостроении

Смирнов С.В., Побединский В.В., Киселева Г.В. Использование защитных покрытий в технологии строительных материалов из древесины и фанеры	137
Поротникова С.А., Стадольникова М.Е. Разработка методики построения трехмерной модели витой лестницы	140
Кошелева Н.А. Создание современного многопрофильного деревообрабаты-	

вающего предприятия	143
Руденко Б.Д. Изменение свойств цементно-древесных материалов в процессе эксплуатации	146
Трофимов С.П. Требования к деревянным элементам остекления балконов и лоджий	149
Добрачев А.А. Классификация и характеристика промышленного деревянного домостроения	152
Добрачев А.А. Каркасно-монолитное строительство домов эконом-класса	156
Лабутин С.Е., Ермаков Е.С. САПР «КЗ-Коттедж»: предложение, подсказанное спросом	159

Прогрессивное деревообрабатывающее оборудование и инструмент

Сулинов В.И., Гороховский А.К. Влияние износа фрез на точность процесса фрезерования древесины	164
Адилов С. Г. Особенности процесса стружкообразования при ультразвуковом резании древесины	166
Глебов И.Т. Продольное пиление древесины пилой с комбинированными зубьями	169
Глебов И.Т. Торцовое пиление древесины пилами с наклонными режущими кромками	175
Глебов И.Т. Способ снижения энергопотребления при торцевом пилении древесины.....	179
Клубков А.П., Войтеховский Б.В., Гриневич С.А. Особенности фрезерования ламинированных ДСтП наклонными ножами	182
Копылов В.В. Особенности применения попутной подачи в круглопильных станках при продольном пилении древесины	186
Уфимцев В.Я., Пушкарёва О.Б., Шабалина Н.Р., Воронцова Т.Г. Макроскопические причины возникновения самораскачивания электроприводов крупных деревообрабатывающих машин	187
Максименков А.И., Королева И.С. О возможности ресурсосбережения при ленточном пилении	194
Раевская Л.Т. Оптимизация конструктивных параметров поршня	196
Аникеенко А. Ф., Гришкевич А. А. Исследование процесса обработки древесины и древесных материалов методом цилиндрического фрезерования	203
Клубков А.П., Гришкевич А.А. Сборный нож для продольно-фрезерных станков с неперетачиваемыми пластинами	209
Раповец В. В., Бурносов Н.В. Разработка мероприятий по повышению эффективности процесса переработки бревен на фрезерно-брусующих станках, оснащенных фрезами со спиральным расположением двухлезвийных резцов.....	213
Раповец В. В., Бурносов Н.В. Критерии временной стойкости двухлезвийных резцов фрезерно-брусующих станков в зависимости от требуемого качества продукции	222
Гаранин В. Н. Определение оптимальных углов резания и заострения для об-	

работки древесины	226
Гришкевич А.А., Клубков А.П. Фрезерование древесины и древесных материалов неперетачиваемыми пластинами	231
Лукаш В.Т., Кравченко С. А. Телеметрическое устройство для исследования процессов пиления древесины и древесных материалов	234
Рудак П.В., Гриневич С.А. Влияние состояния режущей кромки концевой фрезерного инструмента на коэффициент запаса по критерию усталостной прочности	238
Вершина А.К., Бурносов Н.В. Упрочнение дереворежущих лезвийных инструментов с использованием высокоэнергетических плазменных технологий ...	242
Карпович С. С., Бавбель И. И., Карпович С. И. Возможности уменьшения энергоемкости процесса резания древесины	245
Агапов А.И. Определение оптимального срока эксплуатации фрезернопильной линии «Linck» для продольной обработки пиловочника	251
Раевская Л.Т. Приложение метода неопределенных множителей Лагранжа к решению задачи рационализации пневмомотора	253
Кузнецов А.И., Лимонов К.Э. Исследование и разработка механизма резания с гипоциклическим преобразователем обратного действия	257
Щепочкин С.В., Лимонов А.А. К вопросу определения скорости подачи в круглопильных станках с учётом теплостойкости инструмента	259

Проблемы безопасности и экологии в деревообработке

Глебов И.Т. Фильтр аспирационной системы деревообрабатывающего цеха ...	262
Старжинский В.Н., Зинин А.В. Проблемы обеспечения безопасности труда в лесопромышленном производстве	267
Чумарный Г. В. К вопросу обеспечения безопасности труда на деревообрабатывающем предприятии	270

Проблемы профессионального образования и инжиниринга в деревообработке

Глебов И.Т., Кузнецов А.И., Щепочкин С.В. Основоположники науки о резании древесины	273
Карапетян М.А., Раевская Л.Т. Развитие профессионального творчества студентов в процессе изучения специальных дисциплин	281
Пушкарева О.Б., Новоселов В.Г. История развития обработки древесины, начиная с древних времен до настоящего времени	283
Черемных Н.Н., Тимофеева Л.Г., Арефьева О.Ю. Профессиональная направленность и междисциплинарные связи кафедры начертательной геометрии и машчерчения УГЛТУ	296
Содержание	298

THE MAINTENANCE

Novoselov V.G. To participants of a symposium 3

Problems of woodworking enterprises management and mutual relations of businessmen with authority

Kopnov V.A. From Control to Management with ISO 9001:2000.....	4
Kazantseva N.K., Sinegubova E.S. The modern role of forest complex's standartization	7
Birjukov P.A., Sysoyeva S.A. Science intensivity of the forest industry – is the term's interpretation real?	10
Birjukov P.A., Kuzmina M.V. To the question about the vector of forest industry development	15
Mehrentsev A.V. Development prospects of industrial-technological base of wooden housing construction in Sverdlovsk's region	19
Glazyrin V.V., Golubeva L.P. About a problem of «equivalence of an attribute» the inventions, useful model	22

New technological decisions in timber cuttings, woodworking and furnish

Azaryonok V.A., Gaeva E.V., Chameev V.V. The head tool work synchronization previous operations at up raw material waddlingly sawing	23
Chameev V.V., Gaeva E.V., Azaryonok V.A. The size substantiation of raw material iteroperational stocks in front head tool of wood shop	30
Safin R.R., Ahmetova D.A., Safin R.G., Ziatdinova D.F., Timerbaev N.F. The improvement of vacuum drying saw-timbers technological process	36
Vetoshkin J.I., Gazeev M.V., Starikova N.A. The perfection of wood gluing technology	37
Gazeev M.V., Tihonova E.V., Zhdanova I.V. The intensification mechanism of the paint coverings drying by air ionization	40
Bezgina J.N., Gerts E.F., Zalesov S.V. The cutting system for Ural region on the forest-typological basis	45
Sinegubova E.S., Grigorov I.G. The investigation of vanished wood material surfaces by the atomic force microscope	48
Erankin S.V., Gindulin I.K., Jurev J.L. The research process of active charcoal oxidation by air oxygen	52
Zhdanov N.F., Gazeev M.V., Zhdanova I.V., Tihonova E.V. The air ionization as intensification way of drying coatings based on water lacquers	57
Ivanov V.V. The improvement quality ways of the formed forest by partial cutting...	61
Kosheleva N.A. System engineering of modular furniture	65
Levinskyj J.B., Agafonova R.I. Forecasting of wood durability in view of a wood	

structure geometry	68
Komissarov A.P., Levinskij J.B. The perfection opportunities of thermal wood processing on the basis of rigidity criterion	73
Levinskij J.B., Savina V.V., Savelev V.V. The bending of wood, preliminary plasticize in high-frequency fields	77
Gorohovskij A.G., Mjalitsin A.V. Export saw-timber drying in progressive tunnel type kilns	82
Plotnikov S.M. Definition of weight and wood particles lengths	85
Podkovyrkina O.M., Smirnov S.V., Pobedinskij V.V. Inorganic coverings for products from wood on the basis of a phosphoric acid salts	87
Krjuk V.I., Vetoshkin J.I., Jatsun I.V., Mjalitsin An.V. Composition x-ray protection materials on the wood and wood waste basis	90
Rogozhnikova I.T., Novoselov V.G. The definition means of woodworking technology systems reliability on the quality index "The surface roughness". Criteria, methods and means	94
Sazonova E.A. The power approach in the performance estimation of technological logging processes	99
Gorohovskij A.G., Shishkina E.E. The research of thermo-mass transfer process during convectional dry of timber with computer program MATHCAD-12 application	102
Gorohovskij A.G., Shishkina E.E. The calculation of drying agent speed in chamber with natural circulation	106
Gluhih V.N. The elastic deformation across fibres in view of wood anisotropy	111
Stenina E.I. The intensification ways of timber impregnation process with water dissolved antiseptics	116
Novoselov V.G., Agafonov O.J. The technological system reliability increasing of wood sawing by criterion «Productivity»	119
Poljakova T.V., Novoselov V.G. The definition means of woodworking technology systems reliability on the quality index "Accuracy". Criteria, methods and means	123
Petr Horáček How to use a nondestructive evaluation of timber structures	128
Novoselov A.V. Ellipticity of logs and the optimum sizes of sawn timber	134

Woodworking in industrial and few-storeyed housing construction

Smirnov S.V., Pobedinskij V.V., Kiseleva G.V. The use of sheetings in technology of building materials from wood and plywoods	137
Porotnikova S.A., Stadolnikova M.E. The development of construction a technique of three-dimensional model of a twisted ladder	140
Kosheleva N.A. The creation of the modern versatile timber enterprise	143
Rudenko B.D. The properties change of cement-wood materials while in service ...	146
Trofimov S.P. The requests to wooden elements of balcony and loggia glass cover..	149

Dobrachev A.A. The classification and the characteristic of industrial wooden housing construction	152
Dobrachev A.A. The frame monolithic construction of the economy class houses...	156
Labutin S.E., Ermakov E.S. CAD “K3-Cottage” the offer suggested by demand ...	159

The progressive woodworking equipment and the tool

Sulinov V.I., Gorohovskij A.K. Influence of mills deterioration on accuracy of wood milling process	164
Adikov S.G. Features of chip formation at ultrasonic-assisted wood cutting	166
Glebov I.T. Longitudinal wood cutting by the saw with combined teeth	169
Glebov I.T. Face sawing wood saws with inclined cutting edges	175
Glebov I.T. Way of decrease in capacity at wood face sawing	179
Klubkov A.P., Vojtehovskij B.V., Grinevich S.A. The features of laminated chip-board milling at inclined knives	182
Kopylov V.V. The sawed circular saw for sawing tree	186
Ufimtsev V.J., Pushkareva O.B., Shabalina N.R., Vorontsova T.G. The macroscopical occurrence reasons of electric drives self-rocking large woodworking machines	187
Maksimenzov A.I., Koroleva I.S. About capability the savings of resources at the wood tape sawing	194
Raevskaja L.T. Piston technological parameters optimization	196
Anikeenko A.F., Grishkevich A.A. Research of wood processing and wood materials of a milling method	203
Klubkov A.P., Grishkevich A.A. Modular knife for longitudinal-milling machine tools	209
Rapovets V.V., Burnosov N.B. The working of measures on increasing efficiency of logs reprocessing process on the chipper-canters equipped mills with a spiral arrangement double-blade of cutters	213
Rapovets V.V., Burnosov N.B. The timing persistence criteria of double-blade cutters of chipper-canters depending on required quality of production	222
Garanin V.N. The definition of optimal cutting and sharpened angles for timber processing	226
Grishkevich A.A., Klubkov A.P. Wood milling and wood materials by disposable hard alloy plates	231
Lukash V.T., Kravchenko S.A. The telemetering device for research of wood materials sawing	234
Rudak P.V., Grinevich S.A. A cutting edge condition Influence of the routing milling tool on factor of fatigue durability	238
Vershina A.K., Burnosov N.B. Hardening milling blades tools with use of high-energy plasma technologies	242
Karpovich S.S., Bavbel I.I., Karpovich S.I. Opportunity of reduction of power consumption of cutting wood process	245
Agapov A.I. Estimating the optimal life-time of the «Linck» chipper-edger line for longitudinal timber sawing	251

Raevskaja L.T. Using of indefinite multipliers la grange method to solve the pneomotor rationalization problem	253
Kuznetsov A.I., Limonov K.E. Research and development of the mechanism of log frames with the hypocycloid converter of return action	257
Shchepochkin S.V., Limonov A.A. To a question of submission speed definition in radial saw machine in view of the tool temperature constancy	259

Problems of safety and ecology in woodworking

Glebov I.T. The filter aspiration of systems woodworking shops	262
Starzhinskij V.N., Zinin A.V. The maintenance problems of occupational safety in timber industry	267
Chumarnyj G.V. To the question of the labour safety maintenance on the tree-processing enterprise	270

Problems of vocational training and engineering in woodworking

Glebov I.T., Kuznetsov A.I., Shchepochkin S.V. Founders of a science about wood cutting	273
Karapetjan M.A., Raevskaja L.T. The student professional creation development in the courses of special subjects	281
Pushkareva O.B., Novoselov V.G. The history of a wood processing development since ancient times till now	283
Cheremnykh N.N., Timofeeva L.G., Arefeva O.J. Professional orientation and interdisciplinary communications of descriptive geometry department and machine-building plotting	296
The maintenance	302

ДЕРЕВООБРАБОТКА:

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА

ТРУДЫ II МЕЖДУНАРОДНОГО ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА

Под научной ред. В.Г. Новоселова

Спонсоры издания:

ООО «Проектсервис»
620049, Екатеринбург,
ул. Первомайская 109.
Тел.: +7 (343) 217-35-15, 217-35-19,
383-44-54, 383-44-56
Факс: +7 (343) 217-35-10, 217-35-11,
217-35-12, 374-52-20
E-mail: prs@projectservice.ru
<http://www.projectservice.ru>

ООО ПП «Экодрев»
г. Екатеринбург
ул. Карла Либкнехта 3.
Тел.: 8 (343) 359-83-44,
371-13-80
E-mail: info@ekdrev.ru
<http://www.ekdrev.ru>